

DANIEL NASCIMENTO-E-SILVA
(ORGANIZADOR)

MEIO AMBIENTE E SUAS TECNOLOGIAS



ISBN: 978-65-00-24463-2

CD



9 786500 244632

Daniel Nascimento e Silva, Editor

**MEIO AMBIENTE E SUAS
TECNOLOGIAS**

DANIEL NASCIMENTO-E-SILVA

**MEIO AMBIENTE E SUAS
TECNOLOGIAS**

1ª Edição

Daniel Nascimento e Silva, Editor

MANAUS – AMAZONAS
2021

Diagramação da capa
Daniel Nascimento e Silva

Diagramação da capa
Daniel Nascimento e Silva

Diagramação do miolo
Daniel Nascimento e Silva

Revisão
Paulo Ubiratã Ferreira Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Lumos Assessoria Editorial
Bibliotecária: Priscila Pena Machado CRB-7/6971

M514 Meio ambiente e suas tecnologias [recurso eletrônico] /
organizador Daniel Nascimento-e-Silva. — 1. ed. —
Manaus : D. N. Silva, 2021.
Dados eletrônicos (pdf).

Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-00-24463-2

1. Meio ambiente - Tecnologias. 2. Desenvolvimento
sustentável. 3. Gestão ambiental. I. Título.

CDD 333.72

Para a Milene, Chiara, Danizinho e Isabela

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO, 8

(Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 1: SISTEMA HELIOTÉRMICO DE ENERGIA E SEUS COMPONENTES, 30

(Abimael Sefar Ramos Soares; Adriana Tavares Andrade; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 2: SISTEMÁTICA DA ENERGIA SOLAR, 75

(Ana Gabriela Raposo Ferreira; David dos Santos Costa; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 3: INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 113

(Deborah Sarah Batista Campos; Fredson Ferreira Malcher; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 4: COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: TIPOS E COMBUSTÃO, 146

(Fani Tamires de Souza Batista; Michele de Oliveira Chaves; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 5: O CONFORTO TÉRMICO E SUAS VARIÁVEIS DETERMINANTES, 185

(Gercicley Rodrigues dos Santos; Neila de Lourdes Dantas Tabosa; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 6: A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA DO LIXO ELETROELETRÔNICO, 213

(Priscila Moraes da Silva; Jayara Adelane Araújo Tavares; Raione Gonçalves de Castro; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 7: TECNOLOGIAS E DETERMINANTES DA SEGURANÇA ALIMENTAR, 247

(Joana de Araújo Monteiro; Raquel Brandão Campelo; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 8: PROCESSO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, 295

(Lucyanna Moura Coelho; Manuela Farias Castro; Rodrigo Monteiro da Silva; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 9: AS CONTRIBUIÇÕES DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, 352

(Marcileide Silva de Melo; Rafaela Noel Serudo; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 10: OS SENSORES COMO RECURSOS AMBIENTAIS, 386

(Thiago Silva Filgueiras; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 11: PROCESSO DE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 429

(Pamela de Melo Renda; Monique Elza da Silva e Silva; Daniel Nascimento-e-Silva)

CAPÍTULO 12: CICLO E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS SUSTENTÁVEIS, 464

(Erika Ferreira Gama; Otanael Barbosa de Brito; Daniel Nascimento-e-Silva)

APRESENTAÇÃO

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: danielnss@gmail.com

Em meados da década de 2010 um grupo de pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas aventou a necessidade de se inovar a formação de profissionais que lidassem com o meio ambiente. A intenção era a de se ir além dos cursos discursivos, que são aqueles cuja matriz curricular é quase toda voltada para se discutir os grandes e importantes temáticas ambientais, e dos cursos

técnicos, que são aqueles cujas matrizes curriculares estão mais centradas em mostrar como se faz alguma coisa do que meramente discutir. Há os cursos técnico-discursivos, que mesclam esses dois procedimentos.

O que primeiro foi decidido foi a necessidade de um curso centrado na realidade amazônica, que tratasse tanto das ameaças quanto das oportunidades. Daí se pensou uma formação que abordasse de frente essas questões, tentando compreendê-las a partir do estado da arte. O conhecimento das fronteiras do conhecimento levaria, inevitavelmente, à constatação de que praticamente não existem técnicas e nem tecnologias disponíveis capazes de aproveitar as oportunidades e tampouco que permitisse lidar

com as ameaças à nossa realidade. A razão é simples: se o conhecimento foi recém-construído, não teve tempo ainda de fazer o seu aproveitamento em forma de técnica ou tecnologia.

No entanto, se o curso fosse voltado para o manuseio puro e simples da literatura científica a consequência a formação do cientista, tal como se fazem os cursos de mestrado. Se fosse esse o caso, o mais adequado seria esperar um tempo a mais para criar a estrutura para a criação de uma formação nesse nível. Mas a intenção daquele grupo era uma formação em tempo mais reduzido e mais focado. É para isso que servem as formações lato sensu, em nível de especialização ou

aperfeiçoamento. O tempo de aperfeiçoamento seria muito reduzido e foi logo descartado.

Seria um curso de especialização. E como a rede federal de educação científica é também tecnológica, o desafio surgiu naturalmente: seria uma especialização voltada para a produção de tecnologias de base científica. Aí apareceu outro desafio: não havia uma metodologia ou estratégia de ensino-aprendizagem para tal. E a ousadia não devia ser menor: manusear toda a literatura recente, sintetizá-la em arquiteturas teóricas consistentes e criar algum artefato que possibilitasse o seu uso imediato. Seria uma metodologia um tanto quanto incrível, porque teria que criar conhecimento de base científica e

logo em seguida gerar uma tecnologia baseada nesse conhecimento criado.

Muitos e inúmeros ensaios neste sentido tínhamos feito para lidar com desafios originários do cotidiano de indústrias do polo industrial de Manaus. Na verdade, os prenúncios desse procedimento já se podem ver na forma como algumas soluções foram encontradas já na década de 1990, em terras catarinenses, e na década de 2000, na realidade paraense. A análise das experiências de outros países ajudou a conformar o que em seguida veio a ser denominado de método científico-tecnológico, primeiro estruturado em 2019 (NASCIMENTO-E-SILVA, 2019), depois formalizado em 2020 (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020),

internacionalizado em 2021 (NASCIMENTO-E-SILVA, 2021a) e iniciada sua descrição aprofundada também em 2021 (NASCIMENTO-E-SILVA, 2021b; 2021c). Antes disso, contudo, esse procedimento já tinha sido aplicado para gerar conhecimentos (SILVA, 2019; OLIVEIRA, 2019; NEVES, 2019) e tecnologias (SILVA; NASCIMENTO-E-SILVA, 2019; OLIVEIRA; NASCIMENTO-E-SILVA, 2019; NEVES; NASCIMENTO-E-SILVA, 2019).

E assim a proposta curricular foi elaborada. E sua sistemática, dentre inúmeras possibilidades intermediárias, teria que iniciar com o novo método na disciplina Metodologia Técnico-Científica e culminar com a disciplina Seminários Técnicos. O esquema lógico decorrente é que os

aprenderiam a manusear a literatura para produzir conhecimentos verdadeiramente consistentes com a ciência e aplicariam esse aprendizado ao longo do curso. E à medida que ganhassem habilidade, adentrariam os meandros da produção tecnológica, transformando os conhecimentos produzidos nas disciplinas intermediárias em algum artefato, seja ele científico (como os artigos para livros e revistas científicas) ou técnico e tecnológico (como manuais, cartilhas, folders, aplicativos, produtos etc.). E foi o que realmente aconteceu. E esta obra confirma o aprendizado obtido na primeira etapa.

Por essa razão, todos os doze estudos aqui publicados apresentam a mesma sistemática. Primeiro é delimitado o espaço conceitual de cada

fenômeno estudado. Isso é fundamental por dois motivos. O primeiro é saber do que se está tratando ou manuseando, apontando-se o seu caráter diferenciador e limitador. O segundo é de ordem estrutural, uma vez que todo fato ou fenômeno do mundo tem suas divisões constituidoras internas. Saber, portanto, é ser capaz de diferenciar um fenômeno do outro e identificar os seus componentes. É neste intuito que todo esforço científico se concentra.

A delimitação conceitual é feita apontando-se os termos de equivalência e atributos de cada fenômeno. Os termos de equivalência são a aplicação da lógica de conhecer o desconhecido a partir da analogia com alguma coisa conhecida. Se não sei o que é uma mesa, posso passar a saber se

ela me for apresentada como equivalente a um móvel. O termo de equivalência é o que permite tornar o desconhecido (a mesa) em conhecido (um móvel), de maneira que posso dizer que “mesa pode ser definida como um móvel” ou, no caso dos nossos esquemas, “mesa é equivalente a móvel”. Conhecer esse procedimento é fundamental não apenas para a ciência, mas também para a tecnologia, porque é necessário que se crie o conceito do produto antes de começar a prototipagem, como mostra o método científico-tecnológico (NASCIMENTO-E-SILVA, 2019; 2020; 2021a; 2021b; 2021c).

Mas apenas saber que a mesa é um móvel não é suficiente, nem para a ciência e tampouco para a tecnologia. É importante que se conheçam

as características desse móvel que o fazem diferente de todos os outros móveis e que, por ser diferente de todos os outros, o fazem equivalente a mesa. Essas características são os atributos. São elas que vão dizer que esse móvel é feito para realizar tarefas escolares, fazer as refeições e até mesmo trabalhar sobre ele, diferindo daquele outro sobre o qual nos sentamos para realizar as refeições, as tarefas escolares e trabalhar.

Assim, termo de equivalência e atributos conformam a definição conceitual de todo fenômeno. É por isso que dizemos que homem (conceito) é o ser humano (termo de equivalência) do sexo masculino (atributos) e que mulher (conceito) é o ser humano (termo de equivalência) do sexo feminino (atributos). Da mesma forma,

gestão (conceito) é o processo (atributo) de planejar (atributo), organizar (atributo), dirigir (atributo) e controlar (atributo) recursos (atributo) para alcançar os objetivos (atributo) organizacionais (atributo), diferente de gestão financeira (conceito), que é o processo (atributo) de planejar (atributo), organizar (atributo), dirigir (atributo) e controlar (atributo) recursos (atributo) para alcançar objetivos (atributo) financeiros (atributo). Note que a diferença entre os dois últimos conceito se dá em um único atributo. Esse olhar com precisão só se consegue com a habilidade de manusear a literatura com a aplicação do método científico.

Esse manuseio foi sintetizado pelo método científico-tecnológico em apenas quatro etapas,

conhecido como método bibliográfico conceitual. Primeiro são elaboradas as questões de pesquisa, os padrões de respostas aceitos e as regras do protocolo de pesquisa, constituindo-se, portanto, no planejamento da investigação. A segunda etapa é a coleta de dados, que é o recolhimento de todas as respostas disponíveis nas bases científicas nacionais e internacionais sem discriminação, sem preferências, com o intuito de se fazer um recenseamento do estoque de conhecimentos. A terceira etapa é a organização desses dados coletados, também a partir de métodos e técnicas aceitos pela comunidade científica. Quando os dados estão devidamente organizados, as descobertas ficam evidentes, explícitas, visíveis, cabendo ao cientista apenas construir as respostas às questões norteadoras elaboradas na primeira

etapa. Escrever ciência, portanto, se torna a prática da descrição de uma representação (fórmula, diagrama, tabela, gráfico etc.) que sintetiza os dados coletados.

É por essa razão que quase todos os textos iniciam com a apresentação de duas representações diagramáticas, uma para a síntese dos termos de equivalência e outra para os atributos. O texto nada mais é do que a explicação da lógica dessas figuras, com a descrição do estado da arte. Assim, ao invés de ser uma coletânea de ideias isoladas, desintegradas, a redação prende a atenção do leitor em torno da compreensão profunda daquela descoberta que está sintetizada naquele desenho. Diferentemente dos textos muito comuns que são feitos a partir de frases de que se

gosta ou com as quais concordamos (ou discordamos), o manuscrito ganha uma objetividade que pode ser constatada por quaisquer pessoas.

As partes subsequentes desses textos são uma espécie de demonstração da aplicação das descobertas feitas na primeira etapa. Assim, com base nesse esquema lógico, os estudos desta coletânea mostram os componentes do sistema heliotérmico de energia, a sistemática da energia solar, os instrumentos de gestão de recursos hídricos, os tipos e processo de combustão dos combustíveis fósseis, as variáveis ambientais do conforto térmico, a importância da logística reversa do lixo eletroeletrônico, as tecnologias existentes e os determinantes da segurança

alimentar, o processo de gestão dos resíduos sólidos, as contribuições das embalagens biodegradáveis para a sustentabilidade ambiental, os sensores como recursos ambientais, o processo de coleta seletiva de resíduos sólidos e os ciclos e características dos produtos sustentáveis.

A ciência é um discurso sempre incompleto, sempre em construção. Ainda que seja construído com conceitos e os conceitos conformam e estruturam os campos teóricos, são todos sempre passageiros na longa trajetória que um dia, quem sabe, levará a uma proximidade maior com a verdade. É por essa razão que não tem sentido a conservação de bases teóricas, mantendo-as intocáveis, como fazem todas as regiões. Toda base teórica, para ser fortalecida, paradoxalmente, tem

que ser destruída. É através da destruição que se efetiva a lei de criação. Não há criação científica, portanto, sem a destruição, ainda que apenas superficialmente retificativa, dos conhecimentos pretéritos. Esta consciência não é possível de outra maneira que não através do manuseio cuidadoso, rigoroso e consistente da literatura. Essa consciência se adquire ao constatar a fragilidade de toda construção teórica, especialmente as de natureza científica. Só as teorias religiosas não mudam, porque são verdades. E verdade é algo que está fora do dicionário científico. E isso está explícito já no início dos textos aqui contidos: aquele fenômeno sob investigação “pode ser” definido como. Há uma grande diferença entre o “pode ser” e o “é”. O “é” é a verdade.

A produção científica, técnica e tecnológica dessa primeira turma de especialistas em Meio Ambiente e Suas Tecnologias é espantosa tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. São mais de 100! E todas serão publicadas no seu devido tempo. É um resultado admirável, para não dizer fantástico.

E todo resultado esplendoroso tem sempre uma multidão de trabalhadores. Ainda que com a certeza de que muita gente vai ficar de fora, queremos agradecer a firme condução da Profa. Dra. Ana Lúcia Soares Machado, que assumiu tanto a oficialização quanto a execução do projeto do curso. Ao Prof. MSc. José Carlos Nunes de Mello e Prof. MSc. Nivaldo Rodrigues e Silva, diretores que deram todo o apoio para que o curso

fosse autorizado e executado. Ao Prof. Dr. José Pinheiro de Queiroz Neto pelo empenho na oficialização e existência do curso. Ao Prof. MSc. Juan Gabriel de Albuquerque Ramos e Prof. MSc. Marcos Carneiro da Silva, diretores que não mediram esforços para que o curso acontecesse. Aos professores e servidores que operaram disciplinas, laboratórios e todo tipo de atividades que as disciplinas tiveram que executar para que o aprendizado se efetivasse. E um agradecimento eterno e muito especial ao nosso querido amigo e reitor Prof. MSc. Antônio Venâncio Castelo Branco, que através desse curso viu operacionalizado um de seus grandes e nobres sonhos, que é a formação de profissionais com capacidade de produzir conhecimentos e gerar tecnologias ao mesmo tempo.

Aos nossos leitores, aqui está uma singela retribuição aos investimentos que todos fizeram em nós através dos impostos, muitas vezes abusivos, que todos nós pagamos. Esta é uma demonstração que muitos discursos que se ouvem e se leem por aí não têm tanta base real como eles apregoam. Ainda somos poucos os produtos de conhecimentos e tecnologias no sistema público e menos ainda que o faz com qualidade, mas estamos em franca e decisiva expansão. E obras como essas não apenas nos incentivam a avançar ainda mais, como também servem de estímulo para os novos colegas que estão chegando para reforçar nossas equipes e aqueles muitos que por algum motivo, justo ou injusto, não se integram conosco com esse intuito.

E por fim, mas não o menos importante, um agradecimento ao meu querido irmão e amigo, Prof. MSc. Simão Hernan Bendayan, pelo incentivo, amor à ciência e contribuição para os devidos registros legais desta e de várias outras obras. Nosso muito obrigado.

REFERÊNCIAS

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Handobook of the scientific-technological method**: synthetic edition. Manaus: DNS Editor, 2021a.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Manual do método científico-tecnológico**: edição sintética. Manaus: DNS Editor, 2020.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Método científico-tecnológico**. Florianópolis: s. n., 2019. (versão para discussão).

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **O método científico tecnológico: questões de pesquisa.** Manaus: DNS Editor, 2021c.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **O método científico-tecnológico: fundamentos.** Manaus: DNS Editor, 2021b.

NEVES, Luciano Oliveira Azevedo. **Criação de um vade mecum educacional da atividade-fim ensino dos institutos federais.** Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

NEVES, Luciano Oliveira Azevedo; NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Vade mecum educacional da atividade-fim ensino dos institutos federais.** Produto tecnológico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

OLIVEIRA, Erinaldo Silva. **Criação de um portfólio de extensão para o campus Itaituba da Universidade Federal do Oeste do Pará.** Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e

Tecnológica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

OLIVEIRA, Erinaldo Silva; NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Portfólio eletrônico de extensão do campus Itaituba da Universidade Federal do Oeste do Pará**. Produto tecnológico. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVA, Ronison Oliveira da. **Proposta de aut capacitação para coordenadores de graduação**. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVA, Ronison Oliveira da; NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. **Curso de aut capacitação para coordenadores de graduação**. Produto tecnológico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2019.

Capítulo 1

SISTEMA HELIOTÉRMICO DE ENERGIA E SEUS COMPONENTES

Abimael Sefar Ramos Soares

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: abimael.sefar@gmail.com

Adriana Tavares Andrade

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: adri_andrade_@hotmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

As sociedades da informação são carentes de energia. E essa necessidade é constantemente crescente, de maneira que o estoque de energia atualmente gerada é insuficiente para a demanda das sociedades planetárias por diversas razões, especialmente devido ao desperdício, que desequilibra a relação produção x consumo. Grande parte da energia gerada é desperdiçada no caminho que vai da fonte de produção para as unidades consumidores. É preciso, portanto, não apenas aumentar a produção de energia, mas essencialmente diminuir o desperdício da energia gerada.

Um olhar panorâmico de um futuro próximo permite desvelar a potencialidade dos sistemas de energia solar no suprimento e redução dos

desperdícios de energia, como se pode deduzir dos estudos de Nakabayashi (2014) e Cronhjort et al (2015). A cada ano que passa, a tecnologia e os procedimentos de aproveitamento dessa energia têm sido aperfeiçoados e seus custos, reduzidos, já sendo viáveis, em comparação com os custos crescentes da energia baseada em combustíveis fósseis, por exemplo.

Diversos estudos têm sido feito no sentido de estabelecer um equilíbrio técnico e econômico do aproveitamento da energia solar por diferentes tipos de usuários (CARDOSO, 2006; SILVA et al, 2018; SILVA; COSTA NETO, 2019; DINIZ et al., 2016). E quanto mais a viabilidade é constatada, mais são desenvolvidos sistemas específicos, como o de armazenamento para residências (LOPES,

2016), escolas (PASSOS, 2015), integração de fontes renováveis (REIS; JOTA, 2018) e novos tipos de painéis (FERREIRA, 2010), dentre vários outros. É preciso gerar energia, mas também é fundamental a preservação ambiental.

O fato é que, ao aliar suprimento de fontes renováveis de energia com preservação ambiental, uma nova mentalidade começa a ser criada, inclusive fazendo parte da matriz curricular do ensino médio, como mostrou a pesquisa de Domingos, Vieira e Nóbrega (2016). Neste sentido, este estudo teve como objetivo explicar o que é a energia heliotérmica e quais são os seus principais componentes tecnológicos, em um esforço de popularização do conhecimento científico nessa

área e de expansão da consciência da população atual e futura do planeta.

Está organizado em cinco partes. A primeira apresenta uma definição conceitual de energia solar a partir da qual serão geradas as explicações sobre como acontece a conversão da energia heliotérmica em outros tipos de energias que podem ser utilizadas no dia a dia, que estão contidas na segunda parte. A terceira explica especificamente como funciona o processo fotovoltaico, enquanto a quarta mostra o sistema heliotérmico e seus principais componentes. A quinta parte é a conclusão, seguida das referências, com as informações completas sobre os estudos e obras citadas ao longo do texto.

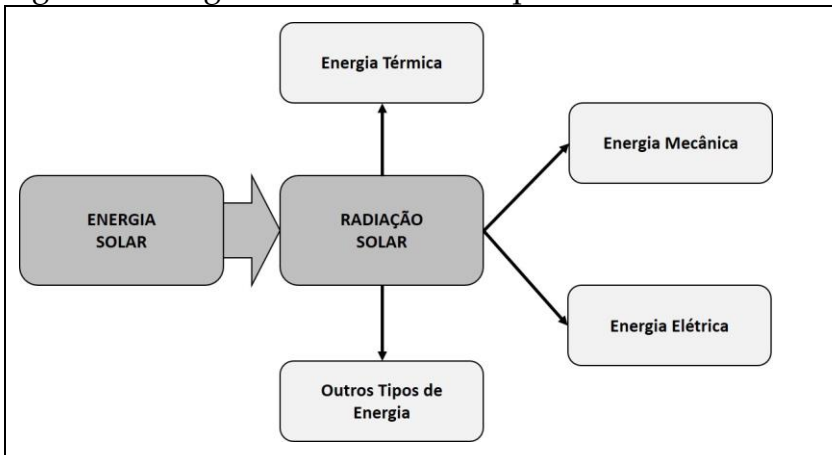
ENERGIA SOLAR: UMA DEFINIÇÃO CONCEITUAL

Energia solar é a energia proveniente do sol e que pode ser transformada em outras formas de energia (PHIRI, 2014; XAVIER, 2019; DEVI, 2014). O aproveitamento da luminosidade emanada pelo sol de maneira eficiente leva à possibilidade de modificá-la sob outra perspectiva energética. Isso traz mais benefícios para quem a utilizar porque é um recurso natural praticamente inesgotável. Por essa razão a solar está entre os tipos de energia de mais baixo custo aquisitivo.

A incidência dos raios de luz em quantidade abundante mostra o grande potencial energético mundial e os estudos feitos comprovam a eficácia dessa matriz energética. Há inúmeros projetos voltados à captação desse tipo de energia para ser

aproveitada de outras maneiras. Esse aumento crescente tem feito baixar o custo em valor monetário para o consumo, principalmente quando comparado com alguns lugares do mundo onde a energia tem custo elevadíssimo, pelo fato de ser gerada por combustível fóssil. A fóssil, além de ser cara, ainda polui bastante a atmosfera da Terra, trazendo danos à saúde da população.

Figura 1. Energia solar: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

A energia solar pode ser definida, de forma simples, como aquela que pode ser aproveitada a partir da radiação emitida pelo sol e se caracteriza por ser inesgotável e por estar disponível sem qualquer custo (COSTA, 2019; CHAGGARIS; MULLER; PREEDAWAN, 2013). Portanto, é a energia radiante eletromagnética resultante de processos de fusão nuclear no sol, susceptível de ser modificada e transformada em outras energias. Está disponível em qualquer lugar onde os raios solares possam alcançar. Exemplo disso é a Amazônia. Nessa região há uma massa muito grande de incidência de raios solares que, se fossem aproveitados adequadamente, poderiam ser usados em grande escala, diminuindo, assim, o custo gasto em energia elétrica proveniente da queima de combustível fóssil.

Sabe-se que o método de captação dessas amplitudes de ondas e o aprimoramento das técnicas são bem simples. É considerada como energia totalmente sustentável, energia limpa, como é conhecida, porque não libera nenhum tipo de gás que possa ser prejudicial à saúde de qualquer ser. Os estudos de Braz, Braga e Rodríguez (2016) e Pio et al (2017) confirmam que a solar pode ser definida como qualquer tipo de captação de energia luminosa e térmica proveniente do sol e que pode ser transformada em fonte utilizável pelo homem para aquecimento de água ou também como energia elétrica ou mecânica. Nesta definição fica claro que é todo tipo de obtenção de energia luminosa e térmica procedente do sol e, depois, convertida em elétrica ou mecânica.

Fiorotti (2015) define energia solar como aquela obtida do sol e que chega à superfície da terra como ondas eletromagnéticas (fótons), que possuem frequências e amplitudes diferentes. Quanto maior a frequência, maior a energia transmitida e menor o comprimento da onda. Também o estudo de Guimaraes e Malagon (2016) mostra que o termo energia solar diz respeito a qualquer forma de energia captada dos raios solares e se divide em térmica e luminosa. A energia térmica é utilizada principalmente para aquecimento de água; a elétrica é obtida através de painéis fotovoltaicos e que hoje já são utilizados inclusive por indústrias sustentáveis.

O estudo de Teixeira et al (2014) explica que a radiação eletromagnética é uma forma de

propagação de energia por meio de variação temporal dos campos elétricos e magnéticos da onda portadora. A energia radiante é dissipada no espaço e pode ser deslocada no vácuo por meio da intercorrência de vetores elétricos e força de atração de profusão originárias do sol. Assim, para este estudo, energia solar é toda radiação eletromagnética proveniente do sol passível de ser transformada em outros tipos de energia.

A CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR

A energia do sol pode ser convertida em elétrica, térmica, mecânica, química e energia útil de acordo com a tecnologia adotada. A literatura mostra a grande capacidade anunciada desta fonte energética e a possibilidade extraordinária de expansão de seu uso. Essa energia é proveniente

dos elétrons e tem alta temperatura. Se canalizada através de receptores específicos, proporciona movimentos dos corpos que, por sua vez, produzem energia cinética, mudanças fotoquímicas ou mesmo a invenção de um novo método de extração.

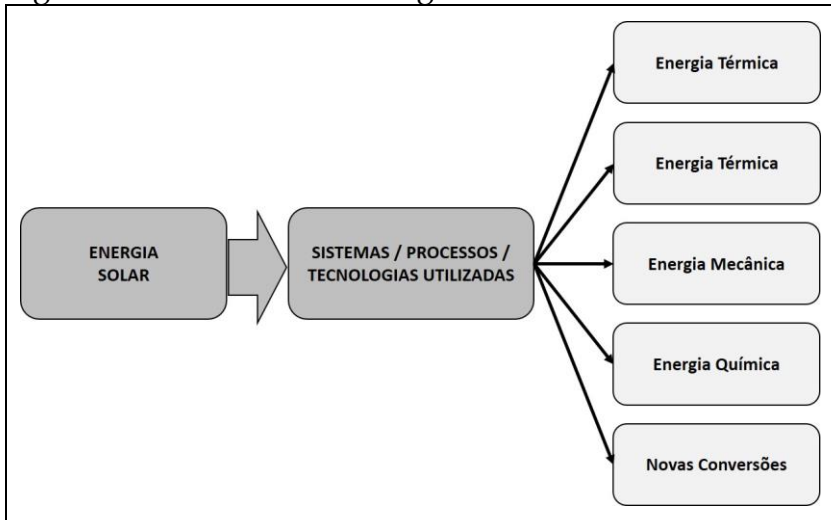
O estudo de Baptista (2006) certifica que a energia solar pode ser convertida em energia elétrica através do efeito fotoelétrico, realizado por sistemas termossolares ou por células fotovoltaicas. Esse processo cria uma tensão ou corrente em um material que capta a radiação solar. Os instrumentos utilizados expostos à radiação eletromagnética relativamente alta induzem a emissão de elétrons, que podem ser direcionados sobre forma de eletricidade. Em

ambos os casos, há utilização de tecnologia termossolar ou fotovoltaica.

As pesquisas de Ferreira e Santos (2013), Conceição e Schneider (2000) e Teixeira et al (2014) confirmam que essa energia radiante pode ser transformada em elétrica, térmica e mecânica. Ocorre o deslocamento da célula fotovoltaica gerando um fluxo contínuo de elétrons. Em outro método, o calor se desloca por coletores solares. Esse movimento gera energia térmica. Posteriormente, esses movimentos de deslocação podem ser utilizados como energia mecânica. A luz solar em outra perspectiva e meios distintos admite novas transformações. A condução de energia térmica sobre forma de calor propicia também outras conversões.

Portanto, a transformação da energia solar pode ser em energias química, elétrica e térmica (TAVARES, 2016; BRUZIQUESI, 2018; BORGES, 2008; SILVA; RODRIGUES; SILVA, 2014). Ela ocorre através de processos que utilizam as células fotoeletroquímicas e canalizam a radiação do sol através de mudanças químicas, transformando-a em energia. Essa metamorfose também ocorre em organismos vivos, ou seja, fotobioquímicos. E, no caso da eletricidade, aplicando-se o calor em uma superfície semicondutora, ocorre o escape de elétrons e potencialmente energia. É o calor sendo transferido à outra superfície e transformando em energia térmica, como mostra o esquema da figura 2.

Figura 2. Conversões da energia solar



Fonte: elaborado pelos autores.

Através de sistemas e tecnologias adequadas, esse potencial energético pode ser expandido e os métodos de captura, aprimorados. O conceito de energia útil está diretamente associado à máxima utilização desses recursos de maneira eficiente. A abundância de luz e calor, em consonância com as métodos já comprovados, que

garantem a obtenção de eletricidade, energia térmica, mecânica, química, e que deixa em aberto a possibilidade de novas conversões, instiga o querer conhecer o processo e desenvolver novos recursos mais eficazes dos que os já conhecidos.

COMO FUNCIONA O PROCESSO FOTOVOLTAICO

Cavalcante, Carvalho e Lima (2005), Vasconcelos e Marranghello (2014 e Vasconcelos (2014) explicam que o processo fotovoltaico é a transformação direta da luz em em eletricidade através de células solares. Essas células geram corrente contínua e corrente alternada, ou ambas, com a utilização de inversores. A radiação solar muda diretamente para energia elétrica ao produzir uma diferença de potencial, em um

sistema que tem como parte fundamental a célula solar. Neste processo, o fluxo de elétrons pode ser direcionado em forma de energia elétrica.

Segundo Fernandes (2012) e Santos (1997), o processo fotovoltaico inicia com a entrada dos fótons nas células do receptor que, ao se chocarem com os elétrons já existentes, causam deslocamento de elétrons. Isso acontece devido ao fato de que os materiais utilizados no receptor são feitos de silício, material semicondutor. Essa energia luminosa penetra no receptor e colide com os elétrons existentes ali, forçando uma diferença de potencial e dando origem a uma movimentação desses elétrons em forma de corrente elétrica. A luz é convertida ao se chocar com os elétrons

presentes em um dispositivo de silício e ocasiona o fluxo de elétrons.

O estudo de Cândido (2017) mostra que o sistema fotovoltaico é composto de quatro etapas: absorção da luz, geração de cargas, transporte e a captura da carga. Essas etapas são bem distintas e iniciam com a coleta da radiação solar, produção de indução, movimentação e captura. A captura da energia solar é feita através da utilização das células fotovoltaicas. A energia solar em contato com os elétrons presentes neste receptor que, ao colidirem, produzem uma diferença de tensão, induzindo a passagem de elétrons, que são transportados através do material semicondutor e posteriormente coletados em forma de energia elétrica.

O processo fotovoltaico, portanto, é a dinâmica entre a absorção da luz solar e a indução elétrica (ANDRADE et al., 2012). O sistema funcionaria basicamente sob essas duas etapas, que estão entre a captura da radiação solar e a indução de elétrons. A absorção e posteriormente conversão dessa energia luminosa por células fotovoltaicas são um processo que exige que esses dispositivos sejam eficazes.

SISTEMA HELIOTÉRMICO E SEUS COMPONENTES

O processo heliotérmico tem início com a reflexão dos raios solares diretos, utilizando um sistema de espelhos, chamados de coletores ou heliostatos, onde o coletor capta a radiação solar e a converte em calor (CARVALHO, 2016;

PRESENTE, 2018; COUTO, 2016). O processo heliotérmico, da energia proveniente dos raios solares, se inicia com a reflexão desses raios diretamente em espelhos ou heliostatos, que coletam ou captam a radiação que é convertida em calor. O calor é transferido para um fluido, que é aquecido. É uma tecnologia que leva baixo consumo de energia. Além desses atributos, os coletores rastreiam e acompanham a posição do sol para que emitam os raios captados para um foco de receptores que irão absorvê-los e transformá-los em outros tipos de energias que não agridem o meio ambiente, pois é uma energia limpa.

Esposito e Fuchs (2013) se referem à energia solar heliotérmico como geração de energia elétrica pela irradiação solar. A energia solar

heliotérmica, também conhecida como geração heliotérmica, termossolar ou *concentrated solar power* (CSP), é dada como a segunda fonte de geração de energia através da incidência de luz solar. Ela é absorvida por espelhos coletores de radiação solar que a transforma em energia térmica, que será utilizada na geração de eletricidade e, posteriormente, em energia elétrica.

Zilles (2004) explica que as usinas heliotérmicas não utilizam o efeito fotovoltaico para converter a radiação emanada do sol em eletricidade. A energia solar heliotérmica é um tipo de energia não captada por células fotovoltaicas. Essa forma de converter energia tem um baixo custo em relação às células fotovoltaicas porque as placas fotovoltaicas são bastante caras.

Para gerar energia heliotérmica, o calor é a principal fonte. Isso ocorre quando a usina opera coletando, transportando, armazenando e convertendo todo calor em eletricidade.

É por isso que Mantovani, Neumann e Edler (2017) se referem à energia heliotérmica como o processo de uso e acúmulo do calor proveniente dos raios solares para a utilização em processos industriais que demandam altas temperaturas ou para gerar eletricidade. A produção de energia solar heliotérmica acontece de forma indireta: o calor é absorvido e transferido para um fluido, que é aquecido e gera vapor para movimentar a turbina que, por sua vez, aciona um gerador e produz energia.

Assim, a energia heliotérmica proveniente do sol é primeiro convertida em energia térmica por meio de coletores e receptores (TAVARES, 2016). O Sol é a principal fonte para a produção de energia solar heliotérmica. Através do movimento de calor, essa energia é convertida em outras energias, como em energia mecânica, que tem como resultado uma energia elétrica totalmente renovável e limpa.

Células fotoeletroquímicas

Santos (2005) define células fotoeletroquímicas como sistemas que têm como base o efeito que acontece na interface do semicondutor/eletrólito. As células fotoeletroquímicas captam a energia solar e induzem um fluxo de elétrons com a utilização de

processos químicos ou de compostos químicos. Esses efeitos acontecem nos dispositivos semicondutores/eletrólitos através da troca de informações. As células fotoeletroquímicas são, portanto, um dispositivo gerador de fotocorrente, que contém um semicondutor que mantém contato com o eletrólito (ALMEIDA et al, 2012). As células fotoeletroquímicas são um mecanismo que transforma luz em corrente elétrica, conhecido como fotocorrente ou fotoelétrica por que têm um semicondutor relacionado com o eletrólito e que transfere as cargas de energia.

Eletrólito

Os estudos de Borges, Maiorka e Silva (2003), Lisboa et al (2014), Rodrigues (2003), Fonseca (2012), Moraes (2010) e Brêtas 2009 definem

eletrólito como uma substância química que se dissocia nos seus constituintes iônicos e tem como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido-base corporal. Para Sica (2006), o eletrólito pode ser considerado um condutor iônico (solução). É importante observar que os eletrólitos são soluções químicas que com a ação do intemperismo atmosférico estão sujeitas a deterioração, formando finas camadas ou partículas uniformes de água, que se organizam sobre uma superfície de metal.

Células fotovoltaicas

O estudo de Lacerda (2010) define células fotovoltaicas como dispositivos semicondutores que transformam a energia luminosa em eletricidade. Esses equipamentos atuam como

conversores da luz radiante diretamente em energia elétrica. Em sua composição, são utilizados materiais altamente condutores, intermediários, por aumentarem sua condutividade ao receberem altas cargas de luz solar. Sua utilização é imprescindível para o aproveitamento de fótons em um potencial grande de energia.

Semicondutor

Os semicondutores são sólidos cristalinos de condução elétrica intermediária entre condutores e isolantes (BOERY, 2011). Sendo um material consolidado e tendo uma característica de moléculas espacialmente ordenadas, são muito sensíveis à variação de temperatura, o que propicia seu uso em sistemas que necessitem de

componentes com potencial de induzir a passagem de elétrons. A mudança de temperatura dá início à sua capacidade de condução. Funcionam como intermediários entre os condutores e isolantes.

O estudo de Covre (2016) mostra que o semicondutor é um sólido isolante a 0° K. Possui um *gap* de energia de maneira que excitações térmicas podem aumentar significativamente sua condutividade. Portanto, o dispositivo sólido funciona como isolante a 0° K, condução muito sensível à variação de temperatura, que impulsiona consideravelmente sua força condutiva. De maneira geral, seria como um separador iniciado no contato com uma variação térmica mínima, menores do que o ponto de fusão do material do qual é composto.

Por sua vez, o estudo de Batista et al (2015) reafirma o semicondutor como um sólido que possui energia *gap* finita, geralmente abaixo de 4 ev. Isso resulta em moderadas densidades de carga e condução à temperatura ambiente. Nesse processo, o dispositivo tem uma energia de abertura definida, que eventualmente é acima de 4 ev, que dá início conseqüente a uma diferença de potencial e gera um fluxo contínuo, quando há excesso de calor. A equiparação da energia de entrada e a ambiente forçariam à indução de elétrons através do material.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou a definição de energia solar como aquela proveniente do sol e que pode ser convertida em outras formas de energia

de acordo com a tecnologia usada. Como radiação eletromagnética, é propagada através de fótons, movendo-se á velocidade da luz, o que causa variação temporal nos campos elétricos e magnéticos da onda que os transporta. Os processos para transformação desse potencial em benefício do homem são basicamente a captação e a conversão da energia solar luminosa.

A radiação luminosa pode ser convertida em energia térmica, elétrica, mecânica, química e possibilita novas formas de conversão, adotando-se como critério os estudos voltados para esse campo. Atualmente existem dois processos que são utilizados em maior escala: um que utiliza a captação e mudança da luz e outro a de calor. Novos sistemas já estão sendo estudados. Nesta

investigação apresentamos também um que utiliza eletrólitos, que são substâncias químicas e estão a serviço desses esforços.

O processo foltovoltaico é a transformação direta da luz em energia elétrica com a utilização de células solares. Neste sistema a energia luminosa é absorvida através de um receptor chamado célula fotovoltaica, que são dispositivos sólidos de condução, funcionando como intermediários entre condutores e isolantes. O choque dos fótons com os elétrons presentes no material semicondutor induz a corrente elétrica. No processo heliotérmico há reflexão da luz nos coletores (sistemas de espelhos) e sua conversão em energia térmica. No sistema fotoeletroquímico, o semicondutor está em contato com o eletrólito (substância química) que,

com a inserção da radiação luminosa, força a indução de elétrons.

O aproveitamento de fontes de energia limpa e que não esgotem a capacidade de recuperação do nosso planeta instiga à busca de estudar e aperfeiçoar tecnologias inovadoras para este fim. A finalidade é a qualidade de vida e bem-estar do ser humano, que é resultante da aplicação do conhecimento científico, e que se faz promissora e necessária neste intuito.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz Carlos Pimentel et al. **Filmes finos multicamadas de polímeros condutores, nanotubos de carbono e fulerenos modificados para aplicação na conversão de energia solar**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2012.

ANDRADE, Pedro Brogueira et al. **Eficiência energética em edifícios: oportunidades e desafios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

BAPTISTA, Alessandra Sleman Cardoso. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BATISTA, Elisson Andrade et al. **Sínteses e caracterizações de nanocristais de óxido de zinco**. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

BOERY, Mirella Nagib de Oliveira. **Obtenção controlada das nanopartículas e das fases cristalinas do dióxido de titânio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

BORGES, Duarte de Bragança. **Avaliação do impacto do solar térmico para produção de AQS e apoio à Climatização no âmbito da nova Regulamentação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

BORGES, Sebastião Aparecido; MAIORKA, Alex; SILVA, Ana Vitória Fischer da. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003. DOI: [10.1590/S0103-84782003000500028](https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000500028).

BRAZ, José Emanuel do Vale; BRAGA, Eduardo Magalhães; RODRÍGUEZ, Jorge Moya. A utilização da energia solar como alternativa energética na Amazônia. **Revista Sodebras**, v. 11, n. 128, p. 145-151, ago. 2016.

BRÊTAS, Anilce de Araújo. **Efeito do balanço eletrolítico da ração de suínos criados em clima quente.** Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologias Agropecuárias). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009

BRUZIQUESI, Carlos Giovani Oliveira. Estudo fotoeletroquímico do CuBi_2O_4 modificado com cobalto para produção de hidrogênio via clivagem da água. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CÂNDIDO, Kamilla de Faria. Caracterização de sistemas orgânicos candidatos a fontes de energia renováveis. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2017.

CARDOSO, Alessandra Sleman. Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em *resorts* no nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, Cássio Cardoso. Fontes heliotérmicas: um estudo sobre o funcionamento e o potencial de implementação da tecnologia no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica).

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CAVALCANTE, Antônio W. A.; CARVALHO, Paulo C.; LIMA, Lutero C de. Célula combustível e bateria integrados a sistema fotovoltaico. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 26, n. 2, p. 196-206, dez. 2005.

CHAGGARIS, Christopher Paul; MULLER, Nicholas Patrick; PREEDAWAN, Sitthipat. **Alternative energy solutions**. Monografia (Graduação em Ciências). Worcester Polytechnic Institute, Worcester, UK, 2013.

CONCEIÇÃO, Sandro Tavares; SCHNEIDER, Paulo Smith. Simulação de sistemas solares usando Matlab/Simulink. In: **Salão de Iniciação Científica (12)**: livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

COSTA, Diogo Marques Ribeiro Carvalho. **Monitorização e análise da performance de duas centrais fotovoltaicas em Inglaterra**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019.

COUTO, Lilia Caiado Coelho Beltrão. **Mensuração de impactos socioeconômicos de projetos energéticos renováveis no Brasil: um estudo de caso para a energia heliotérmica.** Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

COVRE, Felipe Soares et al. **Estudo das propriedades ópticas de filmes finos e poços quânticos de GaAsPN/GaPN.** Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

CRONHJORT, Yrsa et al. Future of energy: powered by solar. In: NEUVO, Yrjö; ORMALA, Erkki; KUIKKA, Meri. (Eds.). **Bit bang 7: future of energy.** Aalto University: Helsinki, Finlândia, 2015, p. 71-92.

DEVI, PC Krishna. Survey on energy harvesting techniques. **International Journal of Science, Engineering and Computer Technology**, v. 4, n. 10, p. 256, 2014.

DINIZ, Thaís Nunes et al. análise de viabilidade econômica da instalação de postes com painéis solares na área externa da Universidade Federal de

Goiás-Regional Catalão. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**, Catalão, 9 a 11 agosto 2016.

DOMINGOS, Alline Thamara de Sousa; VIEIRA, Camilla Maria da Silva; NÓBREGA, Monasses Marques da. Escola solar: uma proposta para aprendizagem do ensino médio. In: **Anais I CONIDIS...** Campina Grande, Realize Editora, 2016.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, n. 40, p. 85-114, dez. 2013.

FERNANDES, Christophe da Silva. **Microgeradores elétricos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica Industrial e de Computadores). Universidade do Minho, Braga, 2012.

FERREIRA, Alvaro Luís Gomes; SANTOS, Wilker Maciel dos. **Sistema fotovoltaico em residências**: uma abordagem de seu dimensionamento e uma análise da viabilidade de sua implantação em Caratinga-MG. Monografia (Graduação em

Engenharia Elétrica). Faculdades Integradas de Caratinga, Caratinga, 2013.

FERREIRA, Catarina Isabel Almeida. **Implementação e estudo de um colector solar do tipo termossifão e de um sistema de painéis fotovoltaicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

FIOROTTI, R. **Metodologia para determinar a potência firme das unidades de geração distribuída e sua aplicação no processo de previsão de demanda das redes de distribuição de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

FONSECA, Leonardo da Silva. **Balço eletrolítico em rações para suínos em crescimento.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

GUIMARAES, Lorena; MALAGON, Luis Arturo Gomez. Construção de um rastreador solar de dois eixos. **Revista de Engenharia e Pesquisa**

Aplicada, v. 2, n. 1, p. 517-521, 2016.
<https://doi.org/10.25286/rep.v2i1.382>.

LACERDA, Vinícius Sobreira. **Sistema monofásico de aproveitamento fotovoltaico caracterizado por baixa distorção harmônica injetada na rede e rastreamento de máxima potência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

LISBOA, Mateus de Melo et al. Estresse nutricional e sua influência na produção de monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 4, p. 3595-3606, 2014.

LOPES, André Felipe Anhaia. **Desenvolvimento de um sistema de gestão de energia residencial considerando produção PV, armazenamento e veículo elétrico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica). Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal, 2016.

MANTOVANI, Paula Renata Albrecht; NEUMANN, Pamela Nicole; EDLER, Marco Antonio Ribeiro. Matriz energética brasileira: em busca de uma nova alternativa. **Revista**

Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2017.

MORAES, Marcelo Tadeu Thomaz de. **Balanço eletrolítico para codornas japonesas (Coturnix Coturnix Japonica) na fase de produção**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PASSOS, Ângelo António Fernandes dos. **Eficiência energética em edifícios e instalações escolares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Computadores). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

PHIRI, Felton Otrain Manani. **Energy poverty of rural households in Malawi: potential for renewable energy options and more efficient use of biomass to reduce vulnerability**. Dissertação (Mestrado em Estudos de Desenvolvimento

Internacional). Norwegian University of Life Sciences, Ås, Noruega, 2014.

PIO, Thiago da Silva et al. Sistema de circulação de água com alimentação fotovoltaica. **Anais do 17º Congresso Nacional de Iniciação Científica**, Centro Universitário Ítalo-Brasileiro, São Paulo, 24 e 25 nov. 2017.

PRESENTE, O. Mensagem da equipe VIGIAR/RS. **Boletim Informativo do Vigiar RS**, v. 10, n. 43, p. 1, out. 2018.

REIS, Brenda Alves de Oliveira; JOTA, Patricia Romeiro da Silva. Integração de fontes renováveis em edificações: estudo de caso. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, 17 a 20 abril 2018.

RODRIGUES, Rodrigo Gonzales. **Hemograma e dosagens séricas de alguns eletrólitos, hormônios e proteínas cabras parda alpinas e mestiças parda alpinas x boer submetidas ao estresse pelo calor**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

SANTOS, Cícero Barbosa dos. **Análise de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SANTOS, Wagner Batista dos et al. **Estudo e construção de dispositivos conversores de energia solar em elétrica através de sistemas supramoleculares de rutênio-cromo e rutênio-rutênio**. Tese (Doutorado em Química Orgânica). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SICA, Yuri Cleverthon. **Mapeamento da corrosividade atmosférica de São Luís-MA e a correlação das variáveis ambientais que influenciaram na degradação dos materiais metálicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, Elson N. M.; RODRIGUES, Anselmo B.; SILVA, Maria G. Avaliação probabilística do impacto de GD fotovoltaica nos índices de conformidade de tensão. In: **XX Congresso**

Brasileiro de Automática (CBA), Vitória, 3 a 7 outubro 2014.

SILVA, Estefânia Paula da et al. Análise de viabilidade técnico-econômica da implantação de usina solar fotovoltaica em uma associação beneficente. In: **IV Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação (SEP)**, Bambuí, Minas Gerais, 14 dez. 2018

SILVA, Jéssica Raissa Lima da; COSTA NETO, Manoel Leal Costa. Energia solar: análise comparativa quanto ao nível de conhecimento, utilização e importância sobre a ótica de moradores de dois bairros da cidade de Juazeiro do Norte-CE. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 13, n. 43, p. 416-430, 2019. <https://doi.org/10.14295/idonline.v13i43.1447>.

TAVARES, Rodrigo Fonseca Araujo Milani. **Hibridização de energia heliotérmica com gaseificação de biomassa para geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

TAVARES, Thiago Cavalheiro. **Adaptação do modelo de edificação passivhaus em climas quentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

TEIXEIRA, L. T. et al. Comparação de aquecedores solares confeccionados com material reciclável. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 323-327, 2014. <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobec-ic-02-ft-031>.

VASCONCELOS, Francelina Elena Oliveira. **A inserção de tópicos de astronomia no ensino médio politécnico, o seminário integrado e a articulação do conhecimento**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2014.

VASCONCELOS, Francelina Elena Oliveira; MARRANGHELLO, Guilherme Frederico. **A astronomia e o ensino médio politécnico**. S. l.: s. n., 2014.

XAVIER, José Maria. **Performance analysis of a PV grid-connected system at the Universidade**

Nacional Timor Lorosa'e. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019.

ZILLES, Roberto. Geração de eletricidade a partir da energia solar sistemas fotovoltaico. In: GREENPEACE. **O Brasil quer energias renováveis.** S.l: Greenpeace, 2004, p. 6-12.

Capítulo 2

SISTEMÁTICA DA ENERGIA SOLAR

Ana Gabriela Raposo Ferreira

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: ana.gabrielaraposo@gmail.com

David dos Santos Costa

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: eng.davidcosta@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

São inúmeros os estudos que atestam a importância da energia solar (OZOEGWU; AKPAN, 2021; MOLAEI; SIAVOSHI, 2021; GUPTA et al., 2021; CEYLAN; DEVRIM, 2021; TAN; CAO, 2021). Essa importância não se restringe apenas aos campos científicos e tecnológicos. Ela perpassa praticamente todos os meandros da vida humana associada. A razão disso é que a busca de aproveitamento da energia que vem do sol faz parte de um grande esforço planetário para a conquista da sustentabilidade, entendida como um projeto que pode ser sintetizado como a manutenção da vida atual sem o comprometimento das vidas futuras. E vida assim, no plural, para que possa abarcar todos os seres vivos, animais, vegetais e humanos.

Infelizmente, esse projeto ainda não faz parte dos projetos de vidas individuais da população do planeta, assim como provavelmente não está contemplado nos planos estratégicos da maior parte das organizações existentes em cada recanto do mundo. Para que isso aconteça, é necessário que haja informação precisa acerca do que é a energia solar a partir da ótica da ciência. E esse tipo de conhecimento só se torna possível a partir da análise profunda dos conceitos que estão envolvidos na sua geração, na sua produção.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo apresentar uma explicação sobre a sistemática da energia solar a partir do seu estado da arte. Para isso, está organizado em três partes. A primeira mostra os termos de equivalência

encontrados na literatura científica que permitem compreender o escopo, a abrangência do conceito energia solar. A segunda parte apresenta os atributos enquanto características que distinguem a energia solar de outros fenômenos semelhantes. A terceira mostra como a energia que vem do sol é transformada em alguns subtipos de energia, cujo aproveitamento está mudando para melhor o mundo que habitamos. A conclusão aponta as repercussões da energia solar para algumas comunidades isoladas da Amazônia em termos de melhoria de sua qualidade de vida.

ENERGIA SOLAR: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

A energia solar pode ser definida como a energia advinda da luz solar (HUSSEIN;

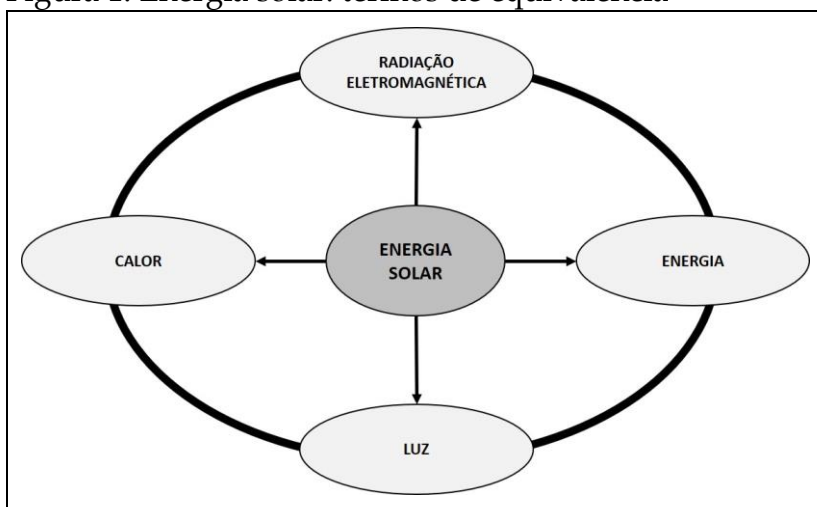
WALUNJ; KOLSI, 2016; DEVI, 2014; PIO et al., 2017). Esta constatação é validada (e é melhor compreendida) quando é levado em consideração o movimento de translação da Terra. Ao movimentar-se, o planeta Terra é exposto diretamente a iluminação que vem do Sol, juntamente com as energias emitidas pela radiação solar. Esta exposição à radiação solar pode variar de acordo com a posição geográfica e o período do ano.

De acordo com Costa (2019), a energia solar é caracterizada pela sua limpa e inesgotável radiação que pode ser adquirida sem qualquer custo. A gratuidade da energia solar é explicada, por ser um Processo natural desenvolvido pela natureza. Sendo este um recurso natural e

renovável, apresenta-se como uma fonte limpa de energia que, se regenera e reitera continuamente, não causando impactos negativos, ou seja, não violentando a natureza e o ser humano.

Essa energia proveniente do sol é coletada por meio de equipamentos específicos e assim utilizada, sendo isso o que constitui a energia solar baseado em Pio et al. (2017). Em outras palavras, essa radiação solar deve ser coletada por meio de aparelhos especiais, que sejam capazes de absorver eficientemente a luz solar depois de a radiação ser filtrada pela nossa atmosfera, para assim poder ser utilizada ou transformada em outros tipos de energia. A energia solar tem sido bastante utilizada na geração de energia em residências, comércio e até mesmo na indústria.

Figura 1. Energia solar: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 1 ilustra as palavras chaves mais utilizadas na conceituação da energia solar, formada por elementos como: calor, luz, energia e radiação eletromagnética (COSTA, 2019; PIO et al, 2017; CRONHJORT et al., 2015; HUSSEIN; WALUNJ; KOLSI, 2016). Valendo ressaltar que conforme a pesquisa de Panjwani et al. (2017)

instigam a pensar que a energia solar coletada pelos nossos painéis solares, pode conter outros tipos de energia que venham de outras fontes além do sol do nosso sistema solar.

A radiação eletromagnética produzida pelo sol é um combo de vários tipos de raios que depois de recolhidos podem ser distribuídos para outros proveitos, baseado em Chaggaris, Muller e Preedawan (2013). O raio ultravioleta é um dos raios mais comentados quando se refere à radiação solar, por ser fortemente relacionado com câncer de pele.

A luz emitida pelo sol é uma onda segundo as principais literaturas, provinda de uma radiação eletromagnética. Vale observar que nossa visão humana é capaz de detectar apenas uma porção

dessa luz, existem outros raios que nossos olhos não são capazes de enxergar, como por exemplo, a luz ultravioleta que sempre nos protegemos utilizando protetor solar quando vamos passar longos períodos sob o sol. Assim essa luz solar ao chegar na superfície terrestre, traz consigo fótons que são utilizados no processo de geração de energia fotovoltaica.

O calor é um dos conceitos básicos da física, essa grandeza elementar está associada com vários outros temas da física e química. Essa grandeza afeta diretamente as partículas da matéria. O sol, por sua composição físico-química produz calor, é então a nossa primordial fonte de calor, sendo esse calor o responsável pela vida na terra como conhecemos hoje. O calor que emana do sol viaja

uma gigantesca distância para chegar em nosso planeta e é diretamente ligado a temperatura do nosso planeta.

A energia é um conceito muito amplo e complexo por si própria, sendo a energia uma grandeza física essencial para entendimento do trabalho, potência e outros assuntos fundamentais na física moderna. O sol é nossa principal fonte energética, sendo através dela possível a transformação e geração de outros tipos de energia. Por muito tempo acreditava-se que o sol possuía uma concentração de energia inesgotável, mas hoje se sabe que o sol é uma estrela e que um dia ela também vai morrer, porém em um futuro extremamente distante. Enquanto isso, nós devemos utilizar essa energia ao máximo para

geração de energia limpa e sustentável para nossa sociedade.

ENERGIA SOLAR: ATRIBUTOS

Algumas atribuições características da energia solar são relatadas em estudos realizados por alguns autores. Estudos como o de Hussein, Walunj e Kolsi, (2016) relatam a conversão da energia solar para eletricidade e calor. O de Chaggaris, Muller e Preedawan (201) mostra que a energia emitida pelo sol pode ser convertida em energia térmica ou elétrica, enquanto o de Pio et al (2017) e o de Xavier (2019) ainda acrescentam que a energia pode ser aplicada no aquecimento de água ou também como energia elétrica ou mecânica.

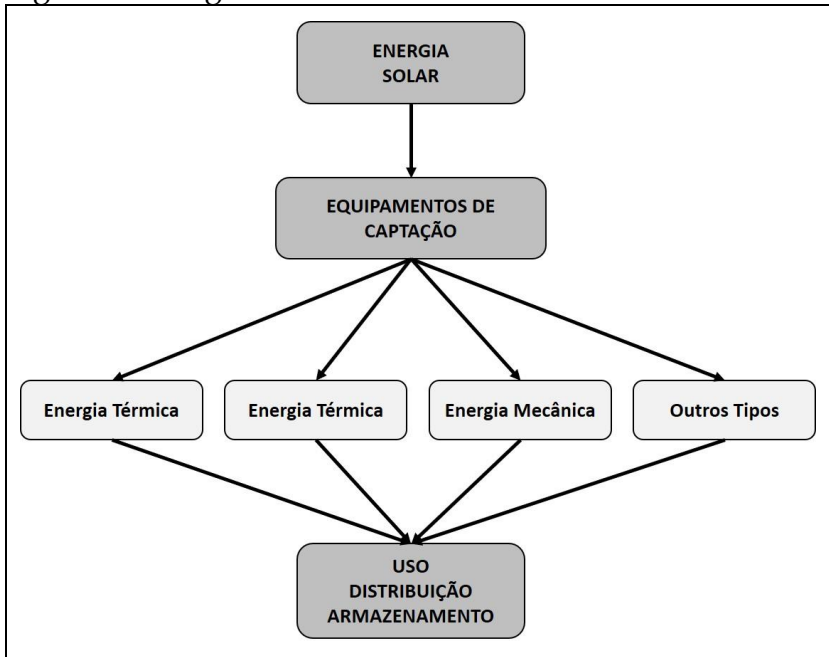
A energia solar é descrita como uma energia (HUSSEIN; WALUNNJ; KOLSI, 2016; PANJWANI et al., 2017; MANADAN, 2012; DEVI, 2014; PIO et al., 2017). Essa descrição explica que a radiação proveniente do sol que chamamos de luz ou calor é uma grandeza física conhecida como energia, sendo esse um dos principais conceitos da física moderna. Assim essa energia potencial, provinda do sol, é irradiada em nossa atmosfera e conseqüentemente na superfície da terra que é absorvida pelo nosso sistema planetário.

Essa energia é uma radiação eletromagnética captada pela luz radiante do sol, segundo Chaggaris, Muller e Preedawan (2013). Considerando que essa radiação solar é primordial para o nosso planeta, somente através dessa

energia que se faz possível à interação entre os diversos sistemas físicos, químicos e biológicos no nosso planeta que, por fim, viabilizam a vida na Terra. Geralmente, essa captação é feita através de painéis fotovoltaicos que a absorvem e redirecionam essa radiação para que seja utilizada na geração de energia utilizável para o homem.

Conforme Hussein, Walunnj e Kolsi (2016), Pio et al. (2017) e Xavier (2019), essa energia, depois de coletada, pode ser transformada em energia térmica, elétrica e mecânica, sem considerar a imensidão de outros fins visando o benefício humano. Essa conversão dessa energia pode ser feita com o intuito de utilizar, armazenar ou distribuir conforme está ilustrado na figura 2.

Figura 2. Energia solar: atributos



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao falar sobre a importância da radiação solar, trazemos algumas peculiaridades que podem ser citadas ao considerar o uso desta fonte renovável tais como, a geração de energia elétrica que possibilita diversas aplicações, tanto no

trabalho industrial quanto no rural, substituindo fontes energéticas poluentes. Atualmente, segundo Xia, Xia e Virkar (2010), existe um imenso potencial para utilização da energia solar no mundo, mas somente 0,02% desse potencial têm sido utilizados. Situação essa que é decorrente de diversos fatores, desde a falta de conhecimento da população, até a ineficiência ou inexistência de políticas públicas de incentivo a tecnologia. Essa falta de uso das energias sustentáveis se traduz num alarmante quadro em que o nosso planeta se encontra hoje, onde 80% da energia utilizada é de origem fóssil (THIRUGNANASAMBANDAM; INIYAN; GOIC, 2010).

A viabilidade e o armazenamento energético ainda são grandes desafios para disseminação da

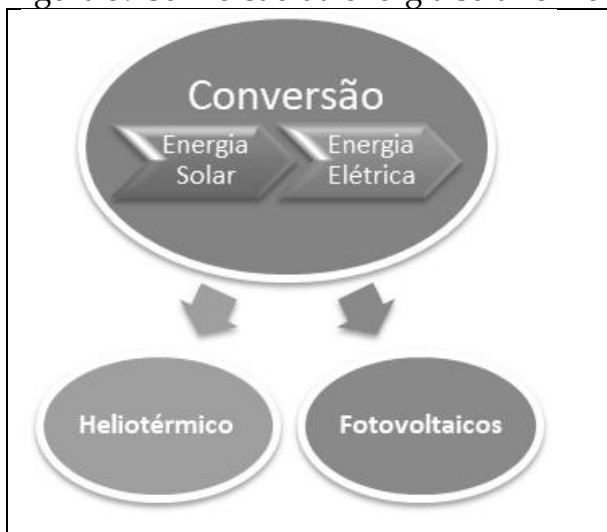
energia solar (ALA-MANTILA et al., 2015), o que mostra a necessidade de ter uma visão que vá além da contraposição atual que, mesmo considerando os benefícios em longo prazo, apegam-se somente aos seus custos iniciais, o que não permite o investimento e a execução de projetos.

TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Segundo Dal Molin (2019), a conversão direta da energia solar em energia elétrica é possível através de materiais e técnicas específicas. Dantas (2019) utiliza o termo luz solar na geração de energia elétrica. Esses autores defendem que a energia solar pode ser convertida diretamente através da utilização de materiais fotovoltaicos ou através do sistema hipotérmico. Em outras palavras por meio

destas tecnologias é possível usar a luz do sol para gerar eletricidade de uma forma sustentável. A maioria dos autores descrevem dois tipos de tecnologias para geração de energia elétrica provinda da energia solar: a fotovoltaica e a heliotérmica, sendo que a mais citada e empregada hoje em dia é a fotovoltaica.

Figura 3. Conversão da energia solar em elétrica



Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a Figura 3, podemos observar a situação atual na geração de energia elétrica através da energia solar, onde as técnicas mais utilizadas são: heliotérmica ou fotovoltaica. Essas duas formas de conversão da energia solar para elétrica geram o mesmo produto, que é a eletricidade, mas possuem processos diferentes para a transformação das energias, assim como possuem custos e equipamentos distintos para obtenção da eletricidade. Ambas as tecnologias irão ser descritas nesse trabalho.

Processo Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos são um conjunto de dispositivos tecnológicos capazes de absorver a luz solar e transformar em corrente elétrica. Segundo O sistema fotovoltaico possui aparelhos

capazes de controlar, supervisionar, armazenar e condicionar a energia elétrica. Mas a maioria dos autores converge na conceitualização de que os sistemas fotovoltaicos são compostos de quatro partes: módulos fotovoltaicos, controladores de carga, inversores e baterias (DANTAS, 2019; DAL MOLIN, 2019), como se pode ver na figura 4.

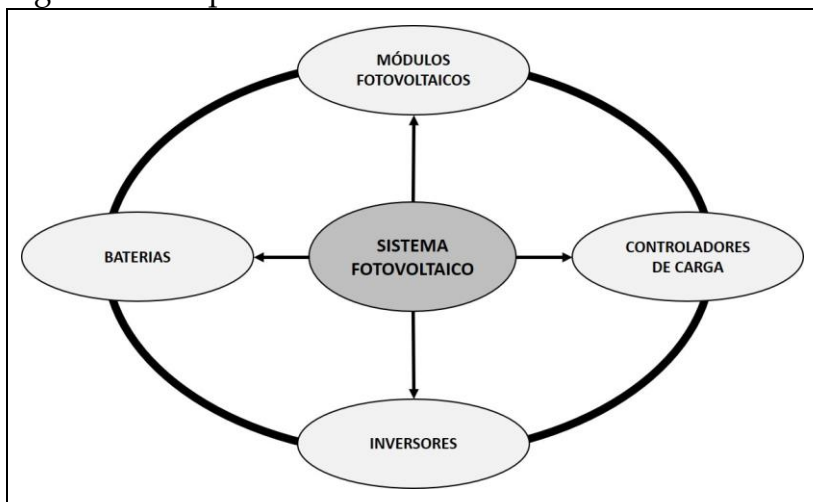
Os módulos fotovoltaicos é a parte do sistema que engloba os equipamentos compostos de materiais fotossensíveis que permitem a absorção e conversão da radiação solar. Esses dispositivos devem ser produzidos com materiais resistentes as intempéries e principalmente a altas temperaturas. O principal módulo fotovoltaico no mercado é o painel fotovoltaico com silício que podem ser divididos em monocristalino,

policristalino e amorfo, baseado em Sampaio et al. (2019).

Os controladores são dispositivos responsáveis pelo controle e estabilidade dos picos de tensão, apesar de atualmente os módulos fotovoltaicos possuírem maior resistência e durabilidade referente a variação de tensão durante a conversão da energia. Assim esses controladores impedem que as altas tensões elétricas possam danificar os módulos fotovoltaicos. Essa estabilidade permite que o sistema de conversão tenha uma corrente contínua mais confiável para armazenamento e distribuição da energia, ou seja, os controladores direcionam a carga para as baterias ou para os inversores. Por fim, o inversor de tensão é responsável por

converter a tensão contínua para uma tensão alternada (CHAUHAN; SAINI, 2016; FARA; CRACIUNESCU, 2017; RANABOLDO et al., 2015; YILMAZ et al., 2015; CASTRO; SOUZA; SANTOS, 2019).

Figura 4. Componentes do sistema fotovoltaico



Fonte: elaborado pelos autores.

Outro equipamento importante no sistema fotovoltaico são os inversores que tem como principal função a de converter a energia provinda dos painéis em corrente e tensão contínua, em corrente e tensão alternada e na maioria das vezes em diferente tensão da rede local. Existem vários tipos de inversores no mercado e devem ser selecionados de acordo com as condições dos projetos elétricos, levando em conta a faixa de potência e demanda energética da edificação, de acordo com Castro, Souza e Santos (2019).

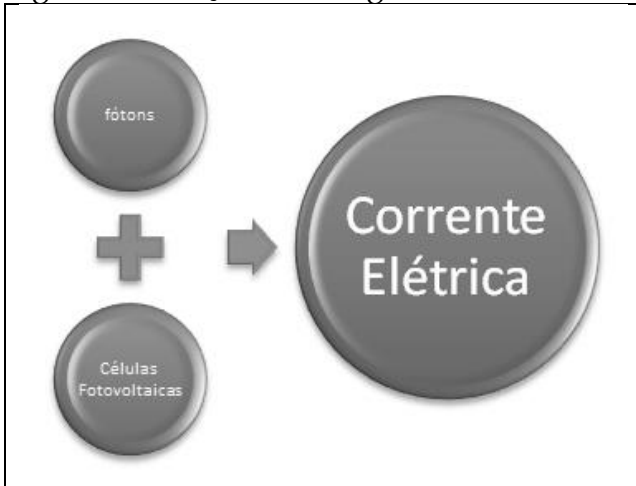
O último componente do sistema fotovoltaico é a bateria, que possui a finalidade de armazenar a energia caso haja a interrupção da captação dos raios solares. Esse equipamento, bastante utilizado no nosso dia a dia, tem um papel

fundamental na utilização da energia solar pois a absorção da radiação solar pode ser interrompida por diversos fatores climáticos. Mas com a utilização das baterias é possível usufruir da energia elétrica proveniente da luz solar mesmo em dias chuvosos.

De acordo com Sampaio et al. (2019), a radiação solar incide sobre as células fotovoltaicas de um painel fotovoltaico, assim as células fotossensíveis absorvem os fótons dos raios solares. Isso resulta que numa transferência de energia dos fótons para os átomos e nêutrons das células fotovoltaicas, conseqüentemente, os elétrons quando energizados, começam a se separar dos átomos, criando assim um fluxo de

energia, ou mais conhecido como corrente elétrica contínua como pode ser visto na figura 5.

Figura 5. Geração de energia solar em elétrica

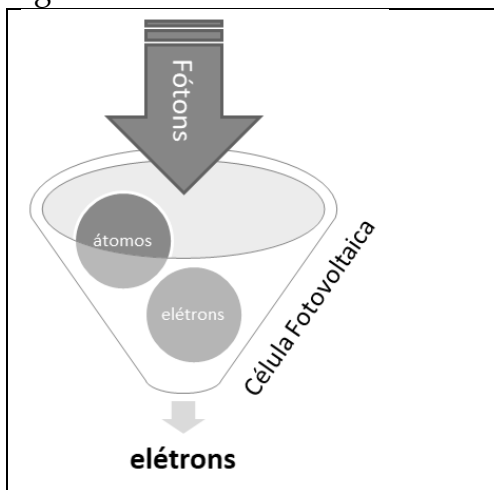


Fonte: elaborado pelos autores.

O efeito fotovoltaico, como descrito por Dal Molin (2019), afirma que quando dois semicondutores do tipo P e tipo N são expostos a fótons, esses geram o aceleração das cargas, forçando a mudança de camada e dando origem a

diferença de potencial. Em outras palavras, quando os raios solares atingem a junção P-N, os mesmos reagem gerando cargas que induzem a mudança de camada dos elétrons, com isso os elétrons geram a corrente elétrica. Isso está representado na figura 6.

Figura 6 - Funcionamento das células fotovoltaicas



Fonte: elaborado pelos autores.

Esse fenômeno ocorre em materiais fotossensíveis, o mais utilizado nos módulos fotovoltaicos são os semicondutores que geram essa diferença de potencial com a luz solar. Dentre estes tipos de materiais os mais comuns no mercado são painéis de silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo.

A figura 6 ilustra de forma simplória o efeito fotovoltaico que utiliza a energia concentrada nos fótons provindos dos raios solares. Essa energia solar, depois de absorvidas pelas células fotovoltaicas, sobrecarrega as células que faz com que os elétrons se desvinculem dos átomos em cada uma das células gerando assim uma diferença de potencial. Esse fluxo de energia criado por cada célula pode então gerar

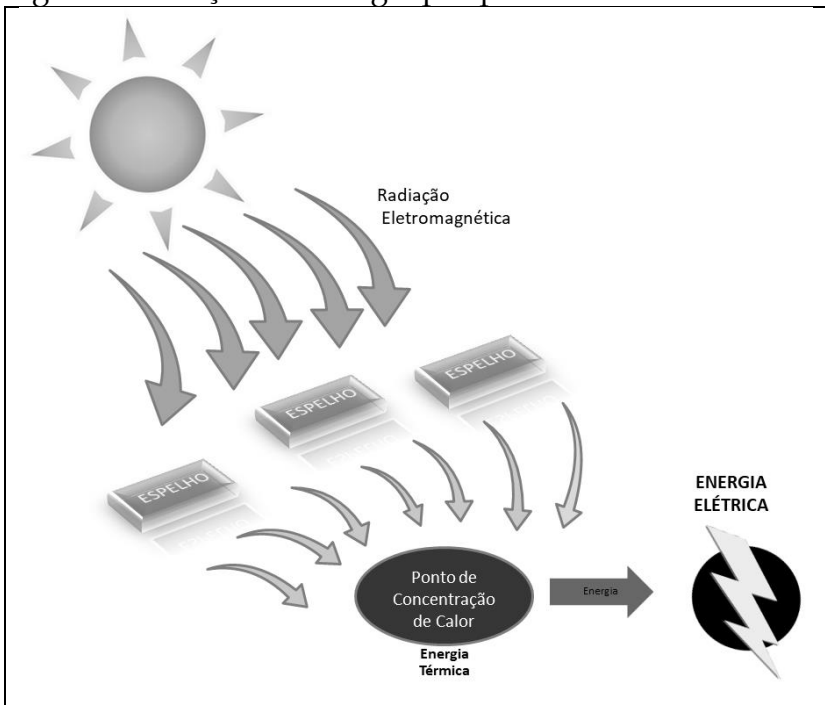
eletricidade e assim ser utilizado em diversos equipamentos depois da energia elétrica ser estabilizada, distribuída ou armazenada.

Processo Heliotérmico

A energia solar também pode ser convertida em energia elétrica, por meio do processo/sistema/tecnologia (nomenclaturas utilizadas nas menções de alguns autores, nos quais se referem à mesma vertente), referenciando a tecnologia heliotérmica. A tecnologia Heliotérmica consiste no uso da luz solar, ou melhor, no armazenamento de calor para o aquecimento de residências, indústrias, entre outros fins. Dentre as definições deste sistema e da energia gerada pelo mesmo, Dal Molin (2019) afirma que sua energia também é conhecida como

Energia Solar Concentrada (CSP), ou seja, a aglomeração de calor, oriunda da radiação solar, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7. Geração de Energia por processo heliotérmico



Fonte: elaborado pelos autores.

O processo de conversão heliotérmica é feito em duas etapas. Primeiramente, converte-se a radiação solar em energia térmica para, em seguida, transformá-la em energia elétrica. Dantas (2019) afirma que a conversão desta energia é constituída a partir do aquecimento de fluidos, que são conhecidos como fluidos térmicos, derivados do calor dos raios solares aglomerados em um único ponto de captação, ou melhor, um receptor que aquece os fluídos, transferindo seu calor para determinados fins.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou a sistemática de aproveitamento da energia que vem do sol. Esse aproveitamento se faz a partir da sua conversão

em outros subtipos de energia que permitem uso específicos, como a energia elétrica, mecânica e térmica.

Esses são os aproveitamentos mais comuns porque representam a demanda de maior quantidade e, portanto, maiores probabilidade de que os custos da geração da tecnologia e sua disponibilização aos seus demandantes possam ser reduzidos ao máximo. Mas tem outro aspecto que precisa ser levado em consideração quanto a essa energia limpa: a melhoria da qualidade de vida de povos e comunidades isoladas.

Ainda que o processo de urbanização esteja em franca expansão, um contingente muito de pessoas ainda vivem em localidades distantes das áreas urbanas. É o caso da região amazônica. Nessa

parte do planeta, a maior parte dos centros urbanos é de pequeno tamanho, com menos de vinte mil habitantes.

Desse total, praticamente metade vive no interior desses pequenos núcleos urbanos, constituindo o que se chama de comunidade efetivamente isolada. Quase sempre o único meio de contato com os pequenos núcleos urbanos de que fazem parte são os pequenos rios e suas pequenas embarcações.

Essa população vive com todo tipo de desconforto, alijada de todo tipo de utilidades comuns até nos pequenos núcleos urbanos, como geladeira para conservar seus alimentos. A energia solar representa, para essa população, a possibilidade de se integrar com os seus núcleos

urbanos e com outras comunidades isoladas, pelo menos do ponto de vista da informação, através dos serviços de internet. A energia elétrica serve para a melhoria da qualidade de vida, enquanto a energia mecânica pode ser a alavanca para o aumento de suas produções, antes restrita ao que lhes é estritamente necessário para a subsistência.

A energia solar, nesses casos, significa a possibilidade efetiva de melhorar a qualidade de vida dessa população, retirando-a de um estágio semiprimitivo a que foi relegada historicamente. E não há história, se os indivíduos não a puderem fazê-la. E como não se faz história isolado, esse bem que vem do sol também pode iluminar o futuro radiante desses povos isolados, integrando-os à coletividade planetária.

REFERÊNCIAS

ALA-MANTILA, Sanna et al. Toward prosperity: sustainable energy solutions for rural Africa. In: NEUVO, Yrjö; ORMALA, Erkki; KUIKKA, Meri. (Eds.). **Bit Bang 7: future of Energy**. Espoo: Aalto University, 2015.

CASTRO, R. R. P.; SOUZA, J. L. D. S.; SANTOS, A. M. Photovoltaic system: renewable sources as an educational element in science education. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 6008-6019, 2019.

CEYLAN, Ceren; DEVRIM, Yılser. Design and simulation of the PV/PEM fuel cell-based hybrid energy system using MATLAB/Simulink for greenhouse application. **International Journal of Hydrogen Energy**, may 2021 (in press). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.04.034>.

CHAGGARIS, Christopher Paul; MULLER, Nicholas Patrick; PREEDAWAN, Sitthipat. **Alternative energy solutions**. Monografia (Graduação em Engenharia). Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 2013.

CHAUHAN, A.; SAINI, R. P. Techno-economic optimization-based approach for energy management of a stand-alone integrated renewable energy system for remote areas of India. *Energy*, v. 94, p. 138-156, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.136>.

COSTA, D. M. R. **Monitorização e análise da performance de duas centrais fotovoltaicas em Inglaterra**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, 2019.

CRONHJORT, Yrsa et al. Future of energy: powered by solar. In: NEUVO, Yrjö; ORMALA, Erkki; KUIKKA, Meri. (Eds.). **Bit Bang 7: future of Energy**. Espoo: Aalto University, 2015.

DAL MOLIN, Gustavo Dagios. **Análise de impactos de sistemas fotovoltaicos em redes de distribuição em condições de regime permanente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

DANTAS, M. I. A. **Experimento com painel fotovoltaico para avaliação do potencial solar no município de Assu-RN**. Monografia (Graduação

em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2019.

DEVI, P. C. Krishna. Survey on Energy Harvesting Techniques. **International Journal of Science, Engineering and Computer Technology**, v. 4, n. 10, p. 256, 2014.

FARA, Laurentiu; CRACIUNESCU, Dan. Output analysis of stand-alone PV systems: modeling, simulation and control. **Energy Procedia**, v. 112, n. 3, p. 595-605, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1125>.

GUPTA, Naveen Kumar et al. A Review on Augmentation in Thermal Performance of Solar Water Heater using Phase Change Material. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 1116, p. 012075, May 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1116/1/012075>.

HUSSEIN, A.; WALUNJ, A.; KOLSI, Lioua. Applications of nanotechnology to enhance the performance of the direct absorption solar collectors. **Journal of Thermal Engineering**, v. 2, n. 1, p. 529-540, 2016.

MANADAN, Anvin Joe. **Maximum power point tracker for solar arrays using controlled rectifier**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). University of Louisville, Louisville, 2012.

MOLAEI, Fatemeh; SIAVOSHI, Hossein. The role of nanofluids on enhancing the solar energy performance with focusing on the mining industry. **International Journal of Energy Research**, p. 1-22, 2021. <https://doi.org/10.1002/er.6772>.

OZOE GWU, Chigbogu G.; AKPAN, Patrick U. A review and appraisal of Nigeria's solar energy policy objectives and strategies against the backdrop of the renewable energy policy of the Economic Community of West African States. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, n. 6, p. 110887, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110887>.

PANJWANI, Manoj Kumar et al. Humid free efficient solar panel. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, 2017.

PIO, T. S. et al. Sistema de circulação de água com alimentação fotovoltaica. In **17º Congresso**

Nacional de Iniciação Científica, Santo Amaro, 24 a 25 novembro 2017.

RANABOLDO, M. et al. Off-grid community electrification projects based on wind and solar energies: A case study in Nicaragua. **Solar Energy**, v. 117, n. 2015, p. 268–281, 2015.

SAMPAIO, J. A. et al. **Silício grau solar: uma revisão das tecnologias de produção**. Rio de Janeiro: Cetem, 2019.

TAN, Tan Van; CAO, Luu Thanh. Evaluating the rooftop solar photovoltaic potential in Hau Giang province. **Journal of Solar Energy Research**, v. 6, n. 2, p. 751-760, 2021. <https://doi.org/10.22059/JSER.2021.322150.1200>.

THIRUGNANASAMBANDAM, Mirunalini; INIYAN, Selvarasan; GOIC, Ranko. A review of solar thermal technologies. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, n. 1, p. 312-322, 2010.

XAVIER, José Maria. **Performance analysis of a PV grid-connected system at the Universidade Nacional Timor Lorosa'e**. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, 2019.

XIA X.; XIA, J.; VIRKAR, A. Evaluation of potential for developing renewable sources of energy to facilitate development in developing countries. In: **Proceedings of the Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference**, Chengdu, China, 2010.

YILMAZ, S. et al. Dynamic Simulation of a PV-Diesel-Battery Hybrid Plant for off Grid Electricity Supply. **Energy Procedia**, v. 75, p. 381-387, 2015.

Capítulo 3

INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Deborah Sarah Batista Campos
Instituto Federal do Amazonas
Campos Manaus Distrito Industrial
Email: deborahsarah.c@gmail.com

Fredson Ferreira Malcher
Instituto Federal do Amazonas
Campos Manaus Distrito Industrial
Email: fredsonferreira12@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva
Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

A água vem se tornando um recurso escasso em muitos lugares do planeta (SINGH; MRUTHYUNJAYA; SRIVASTAVA, 2021; GAM; REJEB, 2021; DAS et al., 2021; MOVAHED; SARMAH, 2021; ZYLOUD et al., 2021). A continuidade dessa tragédia sistemática compromete a continuidade da raça humana sob a face da terra. Isso parece óbvio para toda a comunidade científica e cidadãos de bom senso de qualquer lugar do mundo. Mas é inacreditável como esse sentido não faz sentido para as práticas efetivas cotidianas nos tratamentos com os recursos hídricos. Isso quer dizer que a compreensão aponta para um ponto no horizonte, mas as práticas reais não estão em consonância com

aquela orientação. É preciso reverter essa situação, para o bem da própria humanidade.

Apesar de todo conhecimento científico ser muito importante, parece que o que está carecendo é a geração de caminhos que levem esse conhecimento a cada cidadão planetário de uma forma consequente. E forma consequente significa mudança de atitude. Afinal, de que adianta uma cabeça repleta de conhecimentos, se o corpo não age em conformidade com aquilo que se conhece? O que se tem aprendido é que a prática efetiva de preservação e uso racional dos recursos hídricos talvez seja mais importante que a montanha de conhecimentos científicos que demonstram sua essencialidade.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo apontar alguns instrumentos de gestão de recursos hídricos. Gestão, contudo, precisa ser entendida como o esforço humano de alcançar determinados objetivos a partir do uso de determinados recursos, principalmente o humano. E isso é feito a partir de esquemas de planejamento, organização, direção e controle, com o intuito efetivo de aumentar o máximo a probabilidade de sucesso. Assim, primeiro é mostrado o que é gestão de recursos hídricos a partir da análise de seus elementos constituintes conceituais (termos de equivalência e atributos) e em seguida são apresentados os principais instrumentos de gestão, tendo como foco os determinantes legais brasileiros.

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

De acordo com Bernardi et al (2012), a gestão de recursos hídricos é sinônimo de utilização. A utilização é caracterizada pelo manuseio ou consumo de algo e deve ocorrer de forma racional e organizada. A utilização ocorre para atender determinada necessidade, está por outro lado pode ser coletiva ou individual, porém a melhor forma de utilização é a coletiva, as ações coletivas são formas de promover a democratização e participação de todos nas mais variadas formas de utilização.

Tavares, Magno e Silva (2015) apontam a gestão de recursos hídricos como sendo sinônimo de integração. A integração é compreendida como inclusão ou agrupamento de um ou mais

elementos em um conjunto ou grupo já existente. A integração apresenta uma característica transversal, ela permite que o objeto ou fenômeno quando integrado a outros desperte alterações desconhecidas, podendo ou não essas novas relações modificarem as características da sua estrutura original.

Otoni (2011) conceitua a gestão de recursos hídricos como sendo um conjunto de ações. Um conjunto de ações pode ser entendido como uma série de atividades, comportamentos ou atitudes, podendo ser pré-definidas ou não. Um conjunto de ações poderá variar de acordo com sua finalidade, suas variações determinarão se os resultados alcançados foram os esperados. Um conjunto de ações quando planejadas, organizadas e

executadas de acordo com o prescrito, tendem a apresentar resultados satisfatórios.

Para Shirazi e Akbari (2015), a gestão de recursos hídricos pode ser definida como um processo. Um processo pode ser representado por uma sequência lógica e ordenada com início meio e fim, o qual se realiza com a finalidade de obter ou transformar um resultado ou produto. Um processo segue uma sequência com várias etapas, essas etapas podem apresentar entradas e saídas variadas, seguindo uma ordem lógica e sequencial de execução, para obtenção de um resultado ou produto específico.

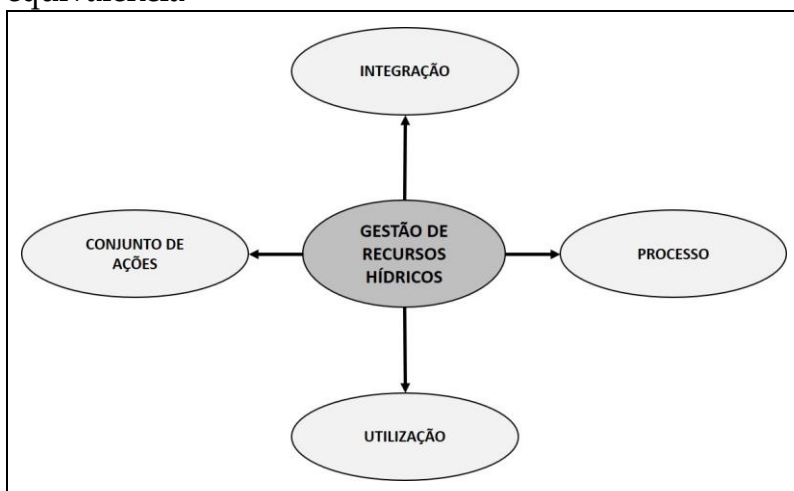
Conforme Bernardi et al. (2012), a gestão de recursos hídricos deve apresentar racionalidade e organização, a responsabilidade de gerir um dos

bens mais importantes para humanidade deve ser de todos. Bernardi (2012) acrescenta que a gestão de recursos deve ser democrática, uma vez que seu objeto de gestão é de interesse da coletividade, não podendo apenas os gestores decidirem sobre os recursos hídricos, a participação da sociedade nas questões sobre os recursos hídricos contribui para tornar a gestão mais eficiente.

A gestão de recursos hídricos ocorre por meio de um conjunto de ações, integração, processos e utilização que visam promover o gerenciamento e controle da preservação e proteção das águas (TAVARES; MAGNO; SILVA, 2015), regular o uso em conformidade com a legislação e normas pertinentes (OTONNI, 2011), controlar as águas doces para atender às

necessidades humanas e ambientais (ISABEKOVA et al., 2013), assegurar que não sejam mal utilizados e esgotados (SHIRAZI; AKBARI, 2012). A gestão de recursos hídricos está representada na figura 1, discriminando os elementos que a caracterizam.

Figura 1. Gestão de recursos hídricos: termos de equivalência



Fonte: Elaborado pelos autores

Para Otonni (2011) e Isabekova et al. (2013), as ações são necessárias e tem a destinação específica de controlar e regular o uso das águas, a fim de atender as necessidades humanas e ambientais, bem como as legislações e normas pertinentes a gestão dos recursos hídricos. Em paralelo as ações a integração apontam o uso de projetos para promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das bacias hidrográficas brasileiras e atua na recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas (TAVARES, 2015). Em termos de utilização o envolvimento racional, democrático e participativo das águas é de importância fundamental para a gestão dos recursos hídricos (BERNARDI, 2015). Os processos também somam

sua participação como gestão de recursos hídricos, assegurando que sejam mal utilizados e esgotados (SHIRAZI; AKBARI, 2012).

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ATRIBUTOS

Conforme Bernardi et al (2012), a gestão de recursos hídricos deve apresentar racionalidade e organização, a responsabilidade de gerir um dos bens mais importantes para humanidade deve ser de todos. Bernardi et al (2012) acrescenta que a gestão de recursos deve ser democrática. Uma vez que seu objeto de gestão é de interesse da coletividade, não limitando as decisões sobre os recursos hídricos apenas aos gestores, a participação da sociedade nas questões sobre os

recursos hídricos irá contribuir para tornar a gestão mais eficiente.

A recuperação é parte integrante e muito importante da gestão de recursos hídricos, é por meio da ação de recuperação que várias atividades são realizadas na tentativa de resgatar o máximo possível das características naturais dos recursos hídricos degradados pela ação do homem (TAVARES et al, 2015). A preservação dos recursos hídricos é uma forma de salvaguardar a integridade dos corpos hídricos e conservando-os em qualidade e quantidade, garantindo a continuidade das nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas (TAVARES et al, 2015).

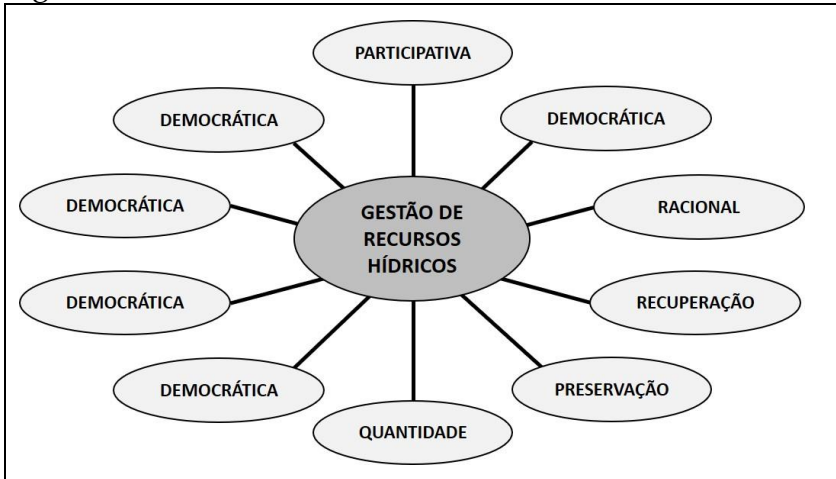
Para Ottoni (2011) a gestão de recursos hídricos dever ser controlada, ter suas ações

coordenadas e monitoradas promovendo o cumprimento da legislação e normas pertinentes. O controle sobre as ações da gestão de recursos hídricos será o meio pelo qual a gestão poderá garantir que os recursos hídricos não sejam mal utilizados e conseqüentemente ter suas fontes esgotadas. Para Isabekova et al (2013), o controle aplicado na gestão de recursos hídricos, reforça as ações para garantir a **proteção** das águas.

Para Shirazi e Akbari (2015), na gestão de recursos hídricos a atividade de assegurar é uma medida estratégica para garantir a preservação dos recursos hídricos. Não obstante a situação atual das águas e com a diversificação das formas de utilização, principalmente na agricultura, na criação de animais e no uso residencial é

progressivo o esforço para assegurar que os recursos hídricos não sejam desperdiçados. O produto resultado dessas variadas formas de utilização da água é um grande desafio para gestão de recursos hídricos, um trabalho árduo e constante com objetivo de assegurar a preservação, continuidade e o acesso à água de qualidade para a população.

Figura 2. Gestão de Recursos Hídricos: atributos



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 2 são apresentados os atributos da gestão de recursos hídricos, atributos estes que devem ser alcançados e disseminados. Bernardi et al (2012) descrevem os atributos da gestão de recursos hídricos como sendo democrática e participativa. Já Ottoni (2011) identifica como atributos da gestão de recursos hídricos o controle e a proteção. Na compreensão de Shirazi e Akbari (2015), assegurar é um atributo importante da gestão de recursos hídricos. Para Isabekova et al (2013) são atributos da gestão de recursos hídricos, gerir e controlar. Esses atributos descritos por Ottoni (2011), Bernardi et al (2012), Isabekova et al (2013) e Shirazi e Akbari (2015) são características peculiares da gestão dos recursos hídricos e são

fundamentais para promover uma gestão de excelência para preservação dos recursos hídricos.

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: INSTRUMENTOS

Para Matos e Dias (2013), Jacobi (2010; 2008), Barcellos, Acselrad e Costa (2011), Demajorovic, Caruso e Jacobi (2015) e Brasil (1997), são instrumentos da gestão de recursos hídricos os planos de recursos hídricos, o enquadramento de corpos d'água, a outorga de direito de uso da água, a cobrança pelo uso da água e o Sistema de informação. Brasil (1997) acrescenta como sendo instrumentos da gestão de recursos hídricos a compensação a municípios. Barcellos, Acselrad e Costa (2011) o compreendem como sendo os principais instrumentos da gestão de recursos

hídricos a outorga do direito do uso da água e a cobrança pelo uso da água. Os instrumentos da gestão de recursos hídricos apontados pelos autores, estão prescritos na Lei nº 9.433. de 8 de janeiro de 1997, que Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

O plano de recursos hídricos é apontado por Rhoden et al. (2016) como democrático, envolvendo as esferas, municipal, estadual e federal, com participação da sociedade civil e usuários, compartilhando os conhecimentos e orientações sobre os objetivos previstos na gestão dos recursos hídricos. Para Loitzenbauer e Mendes (2011), o plano de recursos hídricos a mais completa ferramenta da gestão de recursos hídricos, porque apresenta propostas diretas com

objetivos e metas. Cerezini e Hanai (2017), identificam o plano de recursos hídricos como sendo o principal instrumento para gestão dos recursos hídricos por envolver lideranças política, gestores, usuários e a comunidade em geral atribuindo-lhes direitos e obrigações.

Fabbro Neto e Souza (2017) apresentam o plano de recursos hídricos como um instrumento estruturado por prioridades, vinculadas as políticas de desenvolvimento viabilizando a execução das estratégias da gestão de recursos hídricos. Explicam Godoy e Cruz (2016) que o plano de recursos hídricos é um plano diretor onde são apresentadas as prioridades da gestão de recursos hídricos, discriminando as disponibilidades hídricas em quantidade e

qualidade e apresentando as propostas para incrementar a aplicação dos outros instrumentos. O Plano de recursos hídricos é apontado como a cartilha da gestão de recursos hídricos é nele que serão definidos os objetivos e metas a serem implementados.

O enquadramento dos corpos d'água para Skovronski et al. (2018) é percebido como um instrumento de grande importância para gestão dos recursos hídricos, porque tange uma gestão integrada de quantidade e padrões de qualidade dos corpos hídricos. Santos et al. (2013), descreve o enquadramento dos corpos d'água instrumento de classificação dos corpos hídricos, tendo como critério seus usos múltiplos e definindo objetivos e metas para assegurar a qualidade da água. Para

Dorigon, Stolberg e Perdomo (2008), o enquadramento dos corpos d'água ocorre pela classificação dos corpos hídricos, considerando seus usos atuais e futuros a fim de preservar os níveis de qualidade da água, bem como o equilíbrio ecológico da comunidade e atender as necessidades humanas.

De acordo com Fagundes, Mendes e Pereira (2016), o enquadramento dos corpos d'água é o instrumento da gestão de recursos hídricos que norteia a cobrança pelo uso da água, uma vez que a cobrança é realizada considerando a classificação em que o corpo hídrico foi enquadrado. Os autores acrescentam que o enquadramento dos corpos d'água é direcionado também para regulamentar a derivação, diluição, transporte e assimilação de

efluentes de sistemas de esgoto e de outros líquidos que estejam relacionadas diretamente como o corpo hídrico.

Lemos e Magalhães Júnior (2017) entendem que a outorga de direito de uso de recursos hídricos é instituída a partir de um conjunto de procedimentos técnicos que visam auxiliar a formulação dos cálculos para cobrança do valor do uso qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos. Santos et al. (2018) descrevem a outorga de direito de uso de recursos hídricos como uma homologação necessária para quem planeja utilizar água diretamente do corpo hídrico, uma ação necessárias para assegurar a qualidade da água, respeitando a disponibilidade hídrica dos mananciais na concessão de uso. Melo (2016)

considera a outorga de direito de uso de recursos hídricos tal como um ato administrativo de autorização, ficando sob responsabilidade do poder público a concessão de uso dos recursos hídricos com prazo pré-estabelecido.

Mattiuzi et al. (2017) apresentam a cobrança pelo uso da água como um instrumento previsto na Lei 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, como a finalidade de alcançar os âmbitos financeiro, econômico e ambiental da comunidade onde o corpo hídrico está localizado. Santos e Abreu (2015) entendem que a cobrança pelo uso da água é uma estratégia para que a sociedade e usuário sejam financiadores diretos da gestão de recursos hídricos. Para Martins (2015), a cobrança pelo uso da água é um legítimo

instrumento de gestão que autoriza e prescreve a utilização dos recursos hídricos.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um banco de dados acessível a todos os entes federados e sua finalidade é coletar, armazenar e compartilhar dados, auxiliando a gestão de recursos hídricos no Brasil (FORMENTINI et al., 2015). Para Penteado e Alves Júnior (2004), o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos armazena todos os dados gerados pelos instrumentos da gestão de recursos hídricos e as informações produzidas devem estar acessíveis para todos os usuários e solicitantes da outorga de direito de uso de recursos hídricos.

A Lei 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos apresenta no seu

art. 5º, inciso V a compensação a municípios. Carvalho et al. (2017) afirmam que sua finalidade é repassar para os município parte das arrecadações decorrentes da Cobrança pelo uso da água, para que sejam revertidos em investimentos na própria bacia hidrográfica. Para Porto e Porto (2008), esse instrumento possibilita a associação entre os pontos críticos da gestão ambiental, destacando a gestão de recursos hídricos e a gestão territorial.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou alguns instrumentos que possibilitam a efetiva gestão dos recursos hídricos sob o ponto de vista legal. Esses instrumentos representam uma forma de resposta da população brasileira, através de seus

representantes constitucionais, aos desafios que a atualidade lhe coloca para que haja a continuidade da vida, uma vez que sem água a vida fica comprometida – ou inexistente. Mas não bastam instrumentos. É necessário que haja operadores. E operadores que saibam manusear esses instrumentos.

Por esse motivo esse estudo foi realizado: para que pudesse ser sintetizado o estado da arte sobre gestão de recursos hídricos e apontar os principais aspectos legais que precisam ser colocados em prática para que se pudesse dar um freio ao processo sistemático de destruição dos recursos hídricos em território brasileiro. Há a consciência, contudo, de que não é a lei que vai resolver nossos graves problemas, mas sem

preceitos legais os esforços podem se dispersar e até mesmo se constituir em entrave aos objetivos desejados de sustentabilidade presente e futura.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, F. C.; ACSELRAD, M. V.; COSTA, V. G. Efetividade na aplicação de recursos obtidos com a cobrança pelo uso da água bruta na porção fluminense da Bacia do Paraíba do Sul. **Revibec: revista iberoamericana de economia ecológica**, n. 17, v. 16, p. 1-15, 2011.

BERNARDI, E. C. S. et al. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia: Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que**

modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Senado: Brasília, 1997.

CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y. Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da lei das águas no Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 159-168, 2017.

DAS, Jayanta et al. Exploring driving forces of large-scale unsustainable groundwater development for irrigation in lower Ganga River basin in India. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 5, p. 7289-7309, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00917-5>.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. (2015). Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, 2015.

DORIGON, E. B.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C. C. Qualidade da água em uma microbacia de uso agrícola e urbano em Xanxerê-SC. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 105-120, 2008.

FABBRO NETO, F.; SOUZA, M. P. D. Integrated screening of the management of water resources and spatial plan. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 853-862, 2017.

FAGUNDES, A.K.B.; MENDES, T.A.; PEREIRA, T. S. R. Classificação preliminar de corpos d'água com base na resolução CONAMA nº 357/2005: Caso do rio Meia Ponte-GO. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1382-1393, 2016.

FORMENTINI, Jéssica et al. Proposta de base de dados para gestão das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio da Várzea, RS. In **15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia Ambiental**, Bento Gonçalves, 18 a 21 outubro 2015.

GAM, Imen; REJEB, Jaleddine Ben. Micro-economic analysis of domestic water demand: application of the pseudo-panel approach. **Environmental Challenges**, v. 4, n. 8, p. 100118, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100118>.

GODOY, V. N.; CRUZ, R. C., Self-management of water resources-case study of river basin. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38 n. 2, p. 980-997, 2016.

ISABEKOVA, G. et al. Leaking projects: Corruption and local water management in Kyrgyzstan. **U4 Practice Insight**, n. 9, v. 3, p.1-12, 2013.

JACOBI, P. R. Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos autores e governanças da água no Brasil. **INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar**, v. 7, n. 1, p. 69-95, 2010.

LEMOS, R. S., MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito. **Revista Espinhaço**, v. 2, n. 4, p. 4-12, 2015.

LOITZENBAUER, E.; MENDES, C. A. B. A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, n.2, v.11, p. 233-245, 2011.

MAGALHÃES, Aline Souza et al. Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de

preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista de Economia**, v. 42, n. 2, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/re.v42i2.47614>.

MARTINS, Rodrigo Constante. Fronteiras entre desigualdade e diferença na governança das águas. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 1, p. 211-228, 2015.

MATOS, F.; DIAS, R. Governança da água e a gestão dos recursos hídricos: a formação de comitês de bacia no Brasil. **Desarrollo**, n. 17, v. 6, p. 1-13, 2013.

MATTIUZI, Camila Dalla Porta et al. Avaliação do valor econômico da água em região agrícola de arroz e soja: bacia do Rio Santa Maria/RS. **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Porto Alegre: ABRH, 2017.

MOVAHED, Saman Moftakhari Anasori; SARMAH, Ajit K. Global trends and characteristics of nano-and micro-bubbles research in environmental engineering over the past two decades: A Scientometric analysis. **Science of The Total Environment**, v. 785, n. 9, p. 147362, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147362>.

OTTONI, B.M. A outorga do direito de uso dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte. **Holos**, n.27, v. 1, p. 57-71, 2011.

PENTEADO, Antonio Henrique Dantas da Gama; ALVES JUNIOR, Wilson José Figueiredo. A Proteção Jurídica das Águas Subterrâneas: Vanguarda da Legislação Paulista. **Águas Subterrâneas**, n. 1, p. 1-15, 2004.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

RHODEN, A. C. et al. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, Itapiranga, v. 1, n. 1, p. 91-108, 2016.

SANTOS, Benevenuto Silva; ABREU, Igor. Organização institucional da gestão hídrica no ordenamento ambiental brasileiro: aspectos regulatórios. **Cadernos UniFOA**, v. 10, n. 29, p. 61-75, 2015.

SANTOS, S. A. et al. Classificação das águas do arroio cancela frente à resolução N° 357/2005. **In**

2º Fórum Internacional Ecoinovar, Santa Maria, v. 2, n. 9, p. 1-6, 2013.

SHIRAZI, N. T.; AKBARI, G. H. Providing optimal model for water resources management based on trade approach in virtual water. **Life Science Journal**, n. 9, v. 4, p. 2764-2768, 2012.

SINGH, R. K.; MRUTHYUNJAYA, M.; SRIVASTAVA, Prashant K. Traditional water management in India. In: SRIVASTAVA, Prashant K. et al. (Eds.). **Agricultural Water Management: theories and practices**. London: Academic Press, 2021. p. 19-28.

SKOVRONSKI, V. J. et al. metodológicas para enquadramento de recursos hídricos: estudo de caso de uma análise distinta para o enquadramento de corpos hídricos urbanos. revista destaques acadêmicos. **Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 10, n. 4, p. 232-245, 2018.

TAVARES, M. B.; MAGNO, J. C.; SILVA, R. B. **Bacias urbanas: Intervenção antrópica, consequências e planejamento**. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, n. 6, v. 11, p. 368-373, 2015.

ZYLOUD, Ahed H. et al. Zinc Oxide in Photocatalytic Removal of *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae* from Water with Ultraviolet and Visible Solar Radiations. **JOM**, v. 73, n. 1, p. 420-431, 2021.

Capítulo 4

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: TIPOS E COMBUSTÃO

Fani Tamires de Souza Batista

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: fani.tdsb@gmail.com

Michele de Oliveira Chaves

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: oliveiraamichele@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

O uso dos combustíveis fósseis tem sido condenado em muitos lugares. Diferentes estudos fazem convergir as causas dessa condenação para um único ponto: mudanças climáticas (NADEEM et al., 2021; REHMAN; BASEER; ALHEMS, 2020; TOHARUDIN et al., 2019; GUNAMANTHA; DANTES, 2019; KHOSYI'IN et al., 2019). O fato é que ainda hoje a quase totalidade da população do planeta ainda carece desse tipo de energia para movimentar os milhões de automóveis e máquinas existentes e que geram a comodidade e o bem-estar que a civilização atual conquistou. Evidentemente que a continuidade da vida não pode ser o preço a pagar pela qualidade de vida que a humanidade obteve, ainda que não esteja disponível para toda a população de forma isonômica. Enquanto os

combustíveis substitutos não são generalizados, é necessário que se conheça um pouco mais sobre os que estão sendo utilizados, e condenados.

Neste sentido, este estudo teve como finalidade delimitar o estado da arte sobre os combustíveis fósseis. Para isso, primeiro é apresentada uma definição conceitual que permite entender o que se sabe sobre esse tipo de combustível. Em seguida são apresentados os tipos mais característicos no formato de petróleo, carvão e gás natural. O estudo finaliza mostrando na sua terceira parte como se dá a combustão desses recursos minerais. A conclusão reflete sobre a realidade amazônica e sua relação com o consumo dos combustíveis fósseis.

O QUE SÃO COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Carlino e Carlino (2015) dizem que combustíveis fósseis podem ser definidos como intervenção. Os autores compartilham da ideia de que os combustíveis fósseis são um meio de mediação entre políticas governamentais acerca do manuseio dessa energia. Visto que em outras áreas, não há um conceito definido sobre quais os subsídios para os fósseis, logo, as políticas que incidem sobre os combustíveis trabalham com a inexistência de um método acordado para medir a sua incidência econômica ou impactos socioeconômicos gerados por meio da sua utilização.

Muradov e Veziroglu (2016) abordam que combustíveis fósseis podem ser definidos como

materiais. Os autores traçam o conceito de que combustíveis fósseis são materiais ricos em carbono, sendo assim os mesmos são uma parte importante do orçamento de carbono na Terra exercendo um impacto significativo no ciclo global do carbono. Nesse sentido, o produto final gerado a partir da queima desses combustíveis é a geração de energia em diversos setores da economia da grande maioria dos países, que impacta negativamente no meio ambiente devido a produção exagerada do carbono e pouca absorção realizada pela atmosfera.

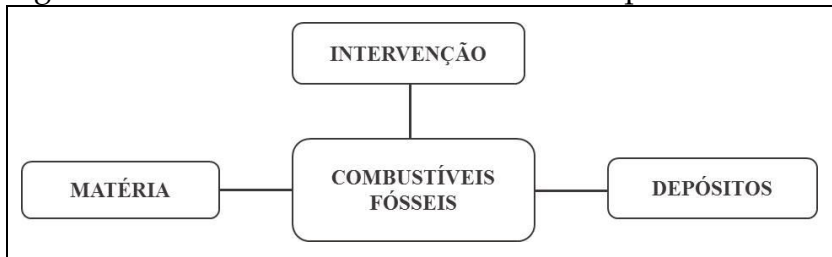
Similar a definição dos autores acima, Shrivastava (2017) determina que combustíveis fósseis podem ser definidos como matéria orgânica. Porém, em objeção ao que foi dito no

parágrafo anterior, o autor não atribui o conceito apenas ao carbono e sim a toda matéria feita a partir de restos decompostos. Ainda assim, chegam em concordância de que ao se tratar da sua origem, o seu início se dá a partir da união entre compostos de carbono, que advêm da decomposição de matéria orgânica conservada durante milhões de anos e que hoje alimentam diversos setores industriais.

Por fim, Hannick (2005), estabelece que os combustíveis fósseis podem ser definidos como depósitos de hidrocarbonetos. Nessa linha de pensamento, é estabelecido pelo autor um apanhado de atributos que ao final dão origem ao combustível fóssil. De uma forma mais ampla, os combustíveis fósseis foram criados a partir da

decomposição de uma grande quantidade de matéria orgânica que foi comprimida durante anos. Nesse contexto, os depósitos profundos de hidrocarbonetos citados pelo autor estão diretamente ligados a produção energética, principalmente devido ao petróleo (formado por depósitos de hidrocarbonetos) e outros combustíveis fósseis.

Figura 1. Combustíveis fósseis: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 1 ilustra os termos de equivalência dos parágrafos anteriores para explicar o conceito

de combustíveis fósseis. No primeiro conceito elaborado por Carlino e Carlino (2015) foi abordado que combustíveis fósseis são considerados uma intervenção de políticas governamentais. Já em Muradov e Veziroglu (2016), Shrivastava (2017) se tem um conceito voltado para os aspectos naturais de origem em matéria orgânica, em especial o carbono que é o componente originado desse processo. E por fim, Hannick (2017) corrobora o que foi dito pelos outros autores e destaca os depósitos de hidrocarbonetos no processo de origem de um dos combustíveis fósseis.

Diante dos conceitos abordados, são empregados alguns atributos aos mesmos. Carlino e Carlino (2015) relacionam três características

distintas, mas que interagem entre si, as políticas governamentais, o combustível e a eletricidade ou calor. A primeira particularidade é abordada pelos autores devido ao gerenciamento da produção, distribuição e utilização dos combustíveis. A segunda atribuição são os próprios combustíveis que são utilizados em grande parte das indústrias para gerar um produto final. E por fim, a geração de eletricidade e calor que é um dos principais objetivos da utilização de combustíveis fósseis.

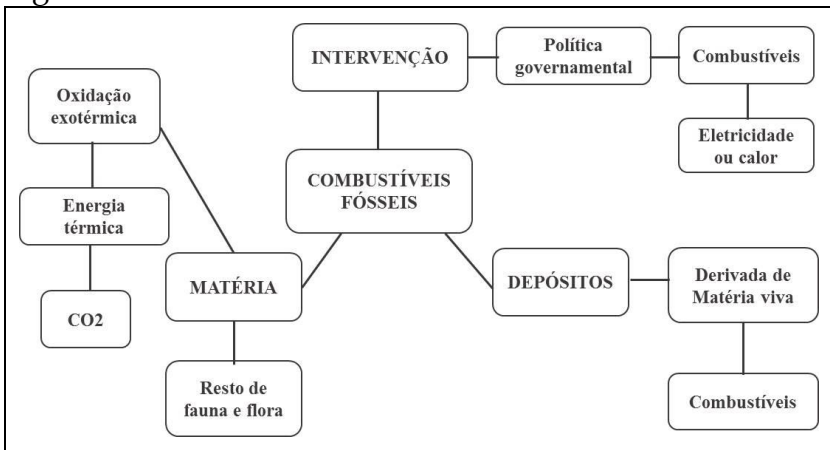
Muradov e Veziroglu (2016) apontam que o combustível fóssil tem como atributo a energia térmica e o CO_2 . Assim como visto no parágrafo anterior, os autores dão ênfase na geração de energia térmica durante a reação de oxidação exotérmica para ao fim do processo liberar o CO_2

como resultado da reação. Com isso, nota-se que os combustíveis fósseis contêm uma alta quantidade de carbono para sua combustão e por se tratar de fontes de energia não renováveis em que as reservas podem acabar, atualmente o seu consumo é maior que a produção.

Já em relação a matéria orgânica, Shervastava (2017), associa os combustíveis fósseis principalmente ao resto de fauna e flora. E como visto anteriormente, esse processo ocorre devido a imensa pressão e calor que essa matéria orgânica é submetida. Concomitantemente, Hannick (2005) concorda que essa matéria orgânica ao ser decomposta forma, principalmente, petróleo, carvão ou gás natural. De forma geral, os atributos relacionados aos combustíveis fósseis trabalham

com dois eixos principais, a matéria orgânica decomposta e a produção de energia. Ainda hoje, as formas de geração de energias alternativas que causem poucos danos ao meio ambiente são minoria.

Figura 2. Atributos dos combustíveis fósseis



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 2 mostra as características atribuídas a definição de combustível fóssil

encontrada na literatura. Carlino e Carlinho (2005) ao definirem como intervenção, salientam que se trata de uma política governamental específica sobre os combustíveis, pois, sabendo que a eletricidade é uma necessidade humana é imprescindível discutir os impactos dessa geração de energia que abastece os diferentes setores. Hannick (2005) definiu combustíveis fósseis como depósito de hidrocarbonetos e Shrivastava (2017) definiu como matéria orgânica, porém, ambos concordam em suas atribuições que os combustíveis fósseis são provenientes de material decomposto gerado ao longo dos anos. Shrivastava (2017) atribuiu restos de flora e fauna a sua definição e Muradov e Veziroglu (2016) definiram isso como materiais ricos em carbono que ao passar por processos de oxidação

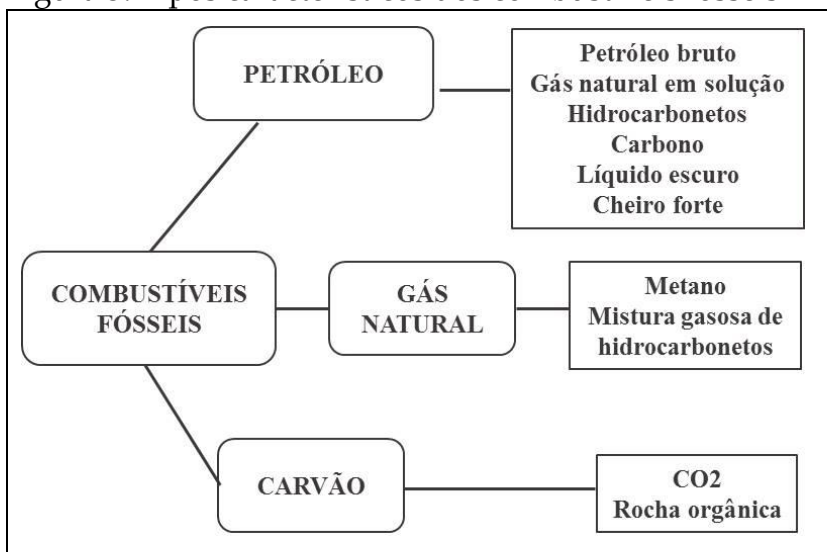
exotérmica geram energia térmica (calor), resultando na liberação de CO₂ na atmosfera.

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: TIPOS CARACTERÍSTICOS

A literatura diz que os combustíveis fósseis podem ser encontrados em três grandes tipos: petróleo, carvão e gás natural (CALHAU et al., 2011; SUZUKI; REZENDE, 2013; FIGUEIRAL, 2011). Sabe-se que os combustíveis fósseis são provenientes de matéria orgânica, entretanto, existem algumas peculiaridades quanto ao material que formou a matéria orgânica de cada tipo. Calhau (2011) afirma que o carvão é oriundo do processo de compressão de plantas que estavam acumuladas e cobertas por uma camada de água. No que diz respeito ao petróleo e o gás

natural, os autores dizem que a matéria orgânica de ambos foi composta por organismos microscópicos associados a camadas de restos da flora, que ao longo dos anos foram cobertos com lama e areia e então sofreram reações químicas.

Figura 3. Tipos característicos dos combustíveis fósseis



Fonte: elaborado pelos autores.

Diante disso, a origem diferenciada confere características distintas a cada um desses combustíveis fósseis, como mostra a figura 3. Segundo Calhau (2011) o petróleo é caracterizado principalmente por uma mistura de petróleo bruto, solução de gás natural e uma complexidade de misturas de hidrocarbonetos compostas essencialmente de carbono. Suzuki e Rezende (2013) caracterizam o petróleo como um líquido escuro e com aroma intenso. Estas atribuições conferem ao petróleo um combustível fóssil marcante e necessário na geração de energia, por isso é amplamente comercializado. A partir da refinação de petróleo derivam-se substâncias utilizadas para a combustão, como por exemplo: a gasolina que abastece automóveis, o óleo diesel que é combustível essencial para caminhões, o

GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) mais conhecido como gás de cozinha e o querosene que possui diversas finalidades.

O carvão é caracterizado por Suzuki e Rezende (2013), como uma rocha orgânica e Calhau e colaboradores afirmam que este é o combustível fóssil que mais produz CO₂ durante a combustão para que possa adquirir os mesmos níveis de calor alcançados pelo petróleo e pelo gás natural, logo, é o que mais agride o meio ambiente. O carvão é amplamente utilizado na indústria siderúrgica como matéria prima para a fabricação de aço e em outros processos que necessitam de calor. Além disso, o calor obtido pela queima de carvão em usinas termoelétricas é precursor da

geração de energia elétrica que abastece os mais diversos setores.

Conforme Calhau (2011), o gás natural é composto por metano (CH_4) e por isso foi caracterizado pelos autores como o mais simples entre os tipos de combustíveis fósseis. Suzuki e Rezende (2013) reiteram que a mistura gasosa de hidrocarbonetos que compõem o gás natural é formada principalmente por metano. Figueiral (2011) corrobora que o gás natural possui especificamente 90% de metano em sua composição após processos que o tornam apto para aplicação. O gás natural também é matéria prima para a obtenção do gás de cozinha (GLP) essencialmente usado nas residências. Muitas vezes está associado ao petróleo e por essa razão

ambos passam por diferentes processos para haver separação.

Os combustíveis fósseis são encontrados em três tipos: petróleo, carvão e gás natural. O petróleo foi caracterizado principalmente como um líquido escuro e de cheiro marcante composto por petróleo bruto, gás natural em solução e hidrocarbonetos com uma grande proporção de carbono. O carvão foi caracterizado como uma rocha orgânica que produz as maiores quantidades de CO₂. Já ao gás natural foi atribuído o metano (CH₄) como sua principal característica por conta da presença substancial da molécula de metano na mistura gasosa de hidrocarbonetos que o compõe.

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: COMBUSTÃO

Bezerra, Rodrigues e Maciel (2015) estipulam que o processo de combustão dos combustíveis fósseis, de maneira geral, ocorre de forma que as ligações químicas em meio aos corpúsculos que formam os reativos são quebradas. Posteriormente, os átomos e os elétrons se juntam com o objetivo de formar o objeto final da reação e, conseqüentemente, havendo a liberação de energia. Com base nisso, destaca-se a necessidade do gás oxigênio em suas proporções requeridas em todo o processo, pois ao contrariar esta regra haverá a combustão incompleta, onde se tem como resultado a produção de gás monóxido de carbono.

Fernandez (2006) classifica o processo de combustão dos combustíveis fósseis dar-se pela

indução de uma centelha de mistura que alcançam a sua fase de inflamação. Em relação aos combustíveis líquidos, em sua fase inicial há uma fragmentação das moléculas das substâncias em partes gasosas mais simples devido a ação do calor e do oxigênio, com isso, ocorre então a combustão dessas partes. O processo em que perpassa cada combustão é realizado de maneira particular ao produto final que se quer obter. Isso prova que em conformidade com a natureza de cada combustível fóssil há um processo diferente a ser realizado.

Bortoluzzi (2019) fragmenta o processo de combustão dos combustíveis fósseis em três etapas, sendo a primeira a classificada como evaporação da umidade, a segunda chamada de pirólise do material e queima de compostos, e por

fim a queima especificamente do carbono fixo. Essa divisão não é destinada a todos os combustíveis fósseis, visto que cada processo possui a sua particularidade. Porém essa definição superficial mostra a visão geral das classificações dos processos encontrados na literatura sobre a produção dos combustíveis fósseis. Dessa forma, a especificidades de cada um, seja o carvão, petróleo ou gás natural são, normalmente, abordadas em produções específicas.

Rodrigue (2004), descreve a combustão do carvão de duas maneiras distintas, sendo a primeira denominada pirólise, essa etapa é a fase inicial onde os produtos constituem-se de char (compõe-se de carbono, hidrogênio, oxigênio, cinzas, e em poucas proporções, nitrogênio e

enxofre) e gases. A segunda etapa da combustão é conhecida como gaseificação, nessa fase o char originado da pirólise transforma-se em um reagente sólido. Com isso, o carvão extraído é aquecido e o vapor gerado a partir desse aquecimento gera uma energia que é destinada a diversos fins.

Soares (2015) reforçou o que foi dito anteriormente e acrescenta que para que haja a combustão do carvão deve-se aquecê-lo a uma temperatura que varia de 1200° C a 1600° C, no ambiente gasoso oxidante. A duração desse processo, em que os elementos são expostos a uma chama oxidante, leva dois segundos, esse tempo é suficiente para que ocorra a junção total ou parcial dos compostos do mineral. Como resultado final

dessa fusão, obtêm-se 80% de cinzas volantes e 20% de cinzas de fundo. Logo, entende-se que o carvão ao ser coletado em minas necessita ser aquecido a altas temperaturas para a formação de vapor que posteriormente será transformado em energia.

Nicacio, Alves e Borges (2018), afirmam que o processo de produção do petróleo após a sua extração do subsolo inicia-se com a separação da água, gases e sedimentos. Nessa etapa, manter o equilíbrio nas emulsões é um desafio devido a existência compostos surfactantes naturais frequentes no óleo. E para desprender a água do óleo são realizados tratamentos químicos específicos, como o acréscimo de desemulsificantes na composição para que haja a

desestabilidade do composto. Em sua quase totalidade, o processo de formação do petróleo é realizado em no fundo dos oceanos, posteriormente o petróleo é extraído e passa pelo processo de separação e emulsificação para ser utilizado em diversos setores industriais.

Kawashima (2015) considera que a combustão do gás natural ocorre basicamente por meio da desagregação térmica e posteriormente, da resposta dos elementos de N_2 e O_2 presentes no ar. Nesse contexto, o gás natural ao ser exposto a temperatura ambiente e a pressão conserva-se em sua forma gasosa para depois ser tratado, processado e consumido nos mais diferentes setores do meio urbano. Laureano (2002) acrescenta que no período de processamento o gás

natural após ser extraído é encaminhado para as indústrias e desidratado, ou seja, é extraído o vapor d'água e dividido em metano e etano que irão originar o gás processado ou residual; propano e butano que originarão o gás de cozinha, e um produto denominado C5⁺ ou gasolina natural. Sua utilização se dá ainda no estado líquido e gasoso.

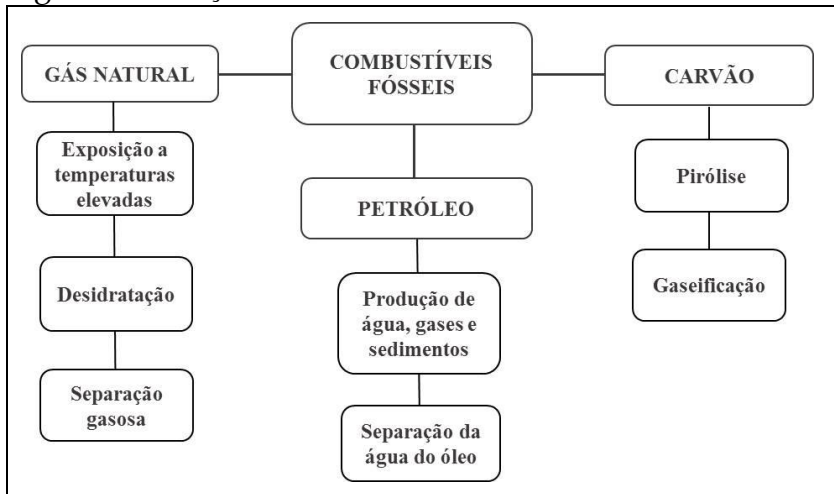
Miranda (2012) aborda o processo de produção do gás natural de forma detalhada, onde seu início dar-se em poços situados tanto em terra quanto no mar. Nessa fase, se a produção for voltada para o gás associado, é realizada a separação da parte gasosa e do óleo. No seu processamento, é realizado o tratamento de remoção de impurezas, como o vapor d'água e

compostos de enxofre, e a separação de gases leves, como etanol e propano, para a retirada daqueles elementos de maior importância econômica, como a gasolina natural. Após isso, cada parte extraída é destinada à sua área de uso.

Santos (2015) corrobora o que foi encontrado em literatura afirmando que após ser processado e comprimido em estações de compressão é transportado por meio dos gasodutos, barcaças, caminhões, onde é feito seu armazenamento para, posteriormente, ser distribuídos e seus consumidores finais. Os gasodutos levam o gás natural para ser tratado. Nessa etapa há a fragmentação do gás mais leve em seu estado natural para que a partir daí se obtenha o gás natural seco (etano e metano), o GLP (etano e

metano) e a gasolina natural. O processo de produção do gás natural em comparação as outras é a forma menos agressiva de se gerar energia, ainda que tenha impactos ao meio ambiente.

Figura 4. Geração dos combustíveis fósseis



Fonte: elaborado pelos autores.

O gás natural é exposto a altas temperaturas, depois é desidratado e por último ocorre a separação gasosa. Já o carvão é exposto a dois

processos principais: pirólise e gaseificação. O petróleo inicialmente passa pela separação de água, gases e sedimentos; depois é realizada a separação de água e óleo por meio da emulsificação.

De maneira geral, o processo de produção dos combustíveis fósseis é descrito em três fases principais. A primeira é a formação, todos os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) são originados de matéria orgânica acumulada durante milhões de anos, ao serem expostas ao calor e pressão são formados os produtos finais resultantes dessa ação. Na segunda etapa ocorre a extração e o tratamento, para isso são exploradas as camadas profundas da terra e cada combustível fóssil é tratado à sua maneira.

Por fim, os combustíveis fósseis originam diversos produtos que serão designados ao seu devido âmbito e abastecerá os mais diversos setores econômicos.

Em relação ao carvão seu processo de formação inicia-se com a deposição de fauna e flora decompostas, que foram soterradas por sedimentos. Após isso, a matéria orgânica é exposta a pressão e elevadas temperaturas formando assim a turfa. Com a mineração, o carvão é coletado e queimado para a liberação de energia. O petróleo origina-se de forma similar ao carvão e ao ser retido do subsolo em sua forma bruta, ele passa pelo processo de tratamento com o intuito de retirar as impurezas que não serão utilizadas, como a separação do óleo da água, para

então ser utilizado nos mais diversos setores de produção. Já o gás natural, difere-se dos outros dois combustíveis em sua origem, visto que ele é formado pela mistura de vários hidrocarbonetos que após a sua submissão à pressão e temperatura ambiente permanecem em seu estado gasoso que passa pelo tratamento onde ocorre a desidratação do gás e distribuição para ser consumido.

CONCLUSÃO

Lemes (2009) aponta que os combustíveis fósseis são excepcionalmente atraentes como fonte de energia. A razão disso é que eles trazem como benefício alta concentração, sendo possível que uma grande quantidade de energia seja armazenada em volumes pequenos e distribuída com facilidade, principalmente em relação aos

fluidos como o petróleo e gás. Além disso, Santos, Vale e Souza (2018), destacam que o reaproveitamento de insumos, a geração de renda para pequenos agricultores e o seu custo-benefício aos cofres públicos, são fatores benéficos que devem ser considerados ao abordar a utilização de combustíveis fósseis.

Em contrapartida, Santos, Vale e Souza (2018) ressaltam que a utilização de energia fóssil mesmo possuindo um custo menor, o retorno financeiro pode ser menos lucrativo, visto que uma quantidade de insumo pode gerar um menor rendimento. Além do que, a sua utilização apresenta como malefícios também a emissão de outras substâncias nocivas ao meio ambiente, mesmo não havendo a emissão de CO₂, o que pode

acarretar a alteração do clima local e na poluição dos solos próximos as atividades de retirada do petróleo das jazidas.

Por fim, Di Lascio e Barreto (2009) apontam como alternativa aos combustíveis fósseis a utilização de biomassa como fonte primária de energia na Amazônia. A biomassa pode ser considerada uma fonte de energia renovável limpa, pois, ao passo em que o CO₂ é liberado durante a queima do biocombustível, ele também é absorvido no cultivo dos materiais, causando zero impacto ambiental. Pirota et al. (2015) reiteram que a biomassa vegetal da região amazônica como fonte de energia renovável ainda pode ser mais eficiente com a utilização de

enzimas produzidas a partir de fungos isolados da região.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, Débora M.; RODRIGUES, João Elias F. S.; MACIEL, Adeilton P. Perovskitas complexas ordenadas para reação de oxidação do monóxido de carbono. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2049-2065, 2015.

BORTOLUZZI, Camila Malherbi. Propriedades energéticas de briquetes de resíduos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Revista Gestão & Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 149-161, 2019.

CALHAU, Manuel Francisco Pereira Varela. **Principais biocombustíveis e combustíveis fósseis, com breve abordagem ao projeto de conversão da refinaria de Sines do ponto de vista da higiene e segurança**. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

CARLINO, Hernan; CARLINO, Micaela. Fossil fuel subsidies in Latin America: the challenge of a

perverse incentives structure. **Working Paper**, 15, p. 1-18, 2015.

DI LASCIO, Marco Alfredo; BARRETO, Eduardo José Fagundes. **Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009.

FERNANDEZ, Breno Ortega. **Considerações sobre outros empregos do sensor de detonação para o controle eletrônico de motores Ciclo Otto utilizando análise espectral**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

FIGUEIRAL, Carlos Miguel Almeida. **Aplicação do conceito de combustão dual-fuel num motor diesel pesado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de Coimbra, Coimbra, 96 p, 2011.

GUNAMANTHA, I. Made; DANTES, Nyoman. Climate change literacy of elementary school students in Buleleng District, Bali province, Indonesia. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, p. 012051, 2019.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1254/1/012051>.

HANNICK, Desmond. The potential and challenges of growing short rotation coppice willow for energy purposes in the Republic of Ireland. Dissertação (Mestrado em Environmental, health and Safety Management). Institute of Technology, Sligo, 2005.

KAWASHIMA, Ana Beatriz. Desenvolvimento de um inventário de emissões atmosféricas por fontes fixas para o Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

KHOSYI'IN, Muhammad et al. Review and Design of GPS-RFID Localization for autonomous vehicle navigation. In: **Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Electronics and Electrical Engineering Technology**, p. 42-46, sep. 2019. <https://doi.org/10.1145/3362752.3362766>.

LAUREANO, F. H. G. C. A indústria de gás natural no Brasil e a viabilização de seu desenvolvimento. Monografia (Graduação em Economia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

LEMES, Gabriela Meurer et al. **Redução energética:** otimização e redução do consumo de energia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão). Universidade do Porto, Porto. 2009.

MIRANDA, Mariana Maia de. **Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil:** implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MURADOV, Nazim Z.; VEZIROGLU, T. Nejat. **Carbon-neutral fuels and energy carriers.** Boca Raton: CRC Press, 2016.

NADEEM, Muhammad Amtiaz et al. An overview of the photocatalytic water splitting over suspended particles. *Catalysts*, v. 11, n. 1, p. 60, 2021. <https://doi.org/10.3390/catal11010060>.

NICACIO, Isabella Mayara Santos; ALVES, Douglas Rafael Mendes; BORGES, Gustavo Rodrigues. Estudo do comportamento interfacial em sistemas óleo/água via tensiometria de gota pendente. **Anais da 18ª Semana de Pesquisa da**

Universidade Tiradentes-SEMPESq, Aracaju, n. 18, 4 p, 2018.

PIROTA, Rosangela Donizete Perpetua Buzon et al. Caracterização de fungos isolados da região Amazônica quanto ao potencial para produção das enzimas envolvidas na conversão da biomassa vegetal. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1606-1612, 2015.

REHMAN, S.; BASEER, M. A.; ALHEMS, L. M. GIS-based multi-criteria wind farm site selection methodology. **FME Transactions**, v. 48, n. 4, p. 855-867, 2020.

RODRIGUES, Clarissa Perdomo. **Modelagem e simulação da câmara de reação de uma caldeira a carvão pulverizado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SANTOS, Camila Amorim Moura. **Impactos socioeconômicos da exploração e produção de petróleo e gás em campos maduros com acumulação marginal nos municípios da Bacia do Recôncavo**. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Salvador, Salvador, 2015.

SANTOS, R. C. S.; VALE, W. K. M; SOUZA, S. R. **A abordagem CTS numa sequência didática sobre entalpia de reação padrão.** In Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

SHRIVASTAVA, Bulbul. **USA's policies on fracking.** Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais). University of Witwatersrand, Johannesburg, 2017.

SOARES, João Maximino Borges. **Barramento delgado anticarbonatação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho, Braga, 2015.

SUZUKI, Eimi Veridiane; REZENDE, Fernanda Dutra. **Estudo da utilização da geração fotovoltaica para auxiliar a suprir a demanda crescente de energia elétrica no Brasil.** Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TOHARUDIN, Moh et al. The increase in child-friendly learning management towards the formation of character students in SD inclusive. In: **Journal of Physics: Conference Series.** IOP

Publishing, 1254, p. 012052, 2018.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1254/1/012052>.

Capítulo 5

O CONFORTO TÉRMICO E SUAS VARIÁVEIS DETERMINANTES

Gercicley Rodrigues dos Santos

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: gercy_clei@hotmail.com

Neila de Lourdes Dantas Tabosa

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: tabosaneila@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

O bem-estar está relacionado com o conforto térmico. E não apenas com o bem-estar, mas de todas as consequências da harmonia entre a temperatura do corpo e ambiente, como é o caso dos ambientes de produção (VAN HOOFF et al., 2017; ZOMORODIAN; TAHSILDOOST; HAFEZI, 2016; VAN HOOFF; HENSEN, 2006; GHAHRAMANI et al., 2018; GOSSAUER; WAGNER, 2007). Em termos relacionais de causa-efeito, o conforto térmico é a consequência do comportamento de variáveis ambientais agindo sobre a sensibilidade humana que, por sua vez, provoca outros tipos de consequências. Se a sensibilidade for de harmonia e bem-estar, os resultados são uns; se, pelo contrário, forem de

desarmonia e mal-estar, os resultados serão naturalmente distintos.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo explicar o comportamento do conforto térmico a partir de seus determinantes ambientais, em conformidade com o estado da arte. Para isso, primeiro apresenta a amplitude conceitual do fenômeno conforto térmico centrado nos termos de equivalência e seus respectivos atributos. Em seguida são identificadas as variáveis ambientais que provocam o conforto térmico e explicados os seus comportamentos. A conclusão reafirma a necessidade de se conhecer com mais adequação a dinâmica ambiental para que haja harmonia e bem-estar entre o ser humano e o comportamento da natureza.

CONFORTO TÉRMICO: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

Vergara (2001), Pinheiro (2011), Fernandes (2009), Pinto, Viegas e Freitas (2007), Talaia (2016), Gouvea (2004) Morgado, Talaia e Teixeira (2014) definem conforto térmico como uma condição. Tal condição refere-se à situação em que o indivíduo se encontra em relação ao ambiente. Nesse sentido é possível afirmar que o indivíduo sente conforto térmico quando a temperatura interna do corpo humano se mantém em constante equilíbrio com a temperatura ambiente que o envolve.

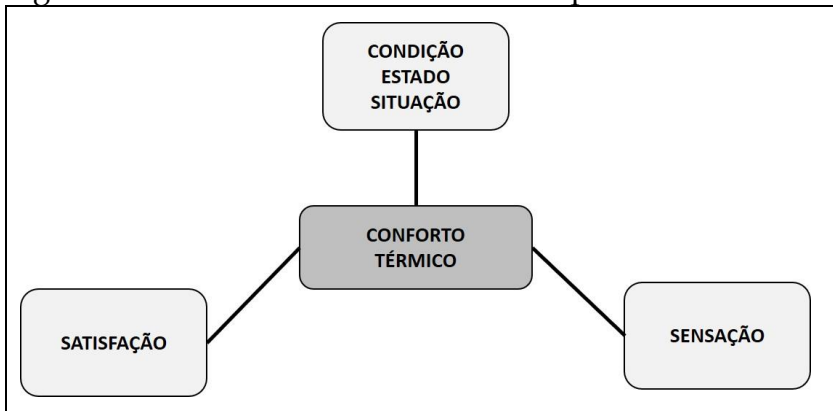
Para Lamberts et al. (2011) e Fernandes (2009), conforto térmico é definido como uma sensação. Deve-se entender que a sensação corresponde às condições que propiciam o bem-estar do organismo humano, pois está diretamente

associada ao esforço realizado pelo indivíduo para manter o equilíbrio térmico. A sensação de conforto térmico é inerente a cada indivíduo, respeitando sua particularidade, sendo que cada organismo responde distintamente a cada situação.

Segundo Morgado et al. (2014) e Talaia (2016), conforto térmico é definido como uma satisfação. Por ser particular a satisfação é uma condição de cada indivíduo, e o contentamento com o conforto térmico no ambiente que é exposto será diferente para cada pessoa. Essa diferença vai ser causada por alguns fatores, como idade, local, construção, sexo e o próprio metabolismo humano. Para garantir a satisfação de um conforto

térmico com o ambiente é necessário existir equilíbrio entre o ambiente e o indivíduo.

Figura 1. Conforto térmico: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores

A figura 1 apresenta a definição de conforto térmico, através dos termos de condição que é equivalente a um estado e situação, o termo de satisfação e sensação, conforme os pesquisadores citados acima. Assim, podemos descrever que conforto térmico é uma condição de satisfação do

individual com o meio térmico que é exposto, causando uma sensação de bem-estar.

O conforto térmico além de apresentar os termos que o define, elenca uma variedade de atributos que auxiliam no entendimento da relação do homem com ambiente térmico. Tais atributos são apresentados pelos autores já citados.

CONFORTO TÉRMICO: ATRIBUTOS

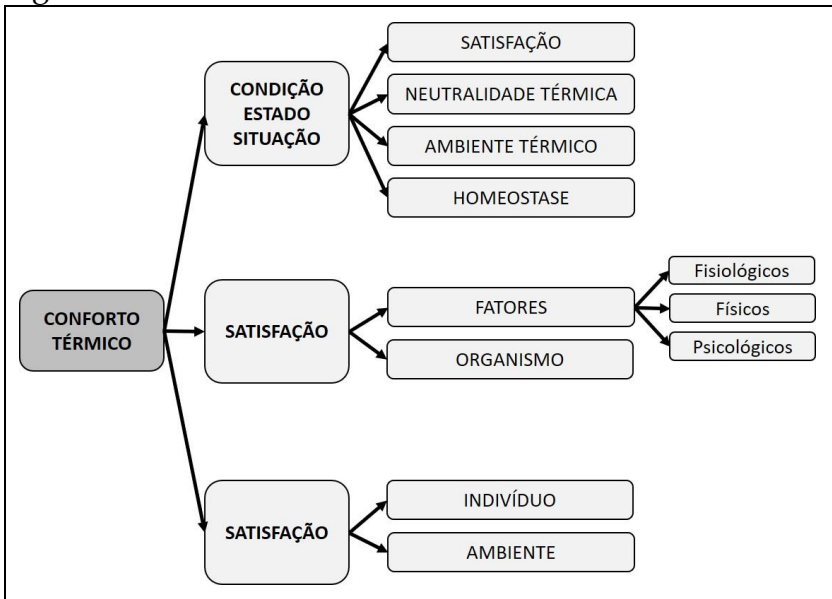
Os estudos de Vergara (2001), Pinheiro (2011), Fernandes (2009), Pinto et al. (2007), Talaia (2016) e Gouvea et al. (2004) atribuem ao conforto térmico a satisfação que o indivíduo expressa quando exposto a determinado ambiente térmico. Essa satisfação é caracterizada pela neutralidade térmica ou até mesmo pela estabilidade da temperatura do corpo humano, que ocorre pela

homeostase do organismo. A capacidade do organismo em manter o corpo estável em determinado limite em relação a condição térmica de um ambiente é chamada de homeostase.

Conforto térmico é uma sensação humana fortemente relacionada à subjetividade, e depende, principalmente, de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (LAMBERTS et al., 2011). Para se alcançar um estado individual de conforto térmico é necessário que haja uma combinação harmoniosa entre aqueles fatores e o ambiente. Assim, pode-se afirmar que os fatores físicos determinam a temperatura, a umidade e velocidade do ar, enquanto os fatores fisiológicos e psicológicos se referem a alterações do organismo a determinada condição térmica e a diferenças na percepção do

indivíduo, respectivamente. Conforme demonstra a Figura 2, os atributos complementam a característica inerente a cada termo do conforto térmico.

Figura 2. Conforto Térmico: Atributos



Fonte: elaborado pelos autores

Fernandes (2003) explica que o termo conforto térmico define a sensação que o organismo humano experimenta quando perde calor para o ambiente, desde que não recorra a nenhum tipo de mecanismo autorregulador. Percebe-se, então, que o ser humano é capaz de manter uma temperatura corporal constante, independente do meio ambiente que o envolve e as atividades que pratica. No entanto, quando há uma mudança dessa temperatura o organismo, de forma intuitiva, recorre a um processo fisiológico chamado termorregulação que nada mais é do que o controle da temperatura corporal adequada para que haja um total equilíbrio entre o indivíduo e o ambiente.

Apesar do organismo humano ter a capacidade de controlar a perda de calor a um determinado limite em condições adversas no ambiente, ainda é necessário recorrer a algum mecanismo para regular a temperatura no ambiente interno para manter a sensação de conforto térmico em equilíbrio, principalmente em regiões mais quentes.

CONFORTO TÉRMICO E SUAS VARIÁVEIS DETERMINANTES

O conforto térmico para o ser humano está associado diretamente a algumas variáveis que influenciam na satisfação do indivíduo, em manter a sensação de conforto e um estado de equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente. Essas variáveis serão brevemente descritas a

seguir, para que sejam conhecidas suas relações com o conforto térmico.

Variáveis ambientais

Para Monteiro e Alucci (2013), Torres (2016), Pagnossin, Burio e Graciolli (2001), Bogo et al. (1994), Frota e Schiffer (1995), uma das variáveis mais importantes a serem consideradas são as ambientais, também conhecidas como climáticas ou meteorológicas. Entre os fatores que caracterizam as variáveis ambientais estão algumas como a temperatura, umidade do ar, velocidade do ar e radiação térmica. Como mostra Pagnossin (2016), há diversos aspectos físicos relacionados com a satisfação e conforto, todos resultantes das diversas formas de trocas de calor.

O conforto térmico corporal em relação ao ambiente vai variar com a exposição do indivíduo em área aberta ou fechada. No espaço aberto é mais difícil fazer o controle térmico das variáveis ambientais. No qual as condições ambientais vão ser estabelecidas de acordo com as diferentes regiões geográficas, localidade, clima e outros fatores que influenciam no aspecto climáticos de cada região. Uma questão importante é atentar para o processo de urbanização das cidades. É possível projetar melhor o espaço construído se observadas as características das variáveis ambientais do local para fazer melhor proveito desses fatores climáticos. O resultado tende a ser um ambiente mais saudável e confortável, com áreas sob a copa de árvores, coberturas têxteis tensionadas e outros projetos mais sustentáveis. Nas áreas fechadas, ou

seja, no ambiente construído, as variáveis ambientais dispõem de maior controle térmico do ambiente, devido a intervenção das tecnologias criadas e aplicada para melhorar as condições térmica de um espaço criado, assim proporcionando um microclima.

Variáveis subjetivas

Utilizando-se as Normas ISO 7730 e ASHRAE 55, Torres (2016), Pagnossin, Burio e Graciolli (2016) e Monteiro e Alucci (2013) identificaram, de forma intrínseca, fatores ligados às variáveis pessoais, também apresentadas como variáveis subjetivas ou psicológicas, pois as mesmas têm grande influência nas condições de conforto dos indivíduos e se referem a percepção e preferências de sensações térmicas. Desta forma

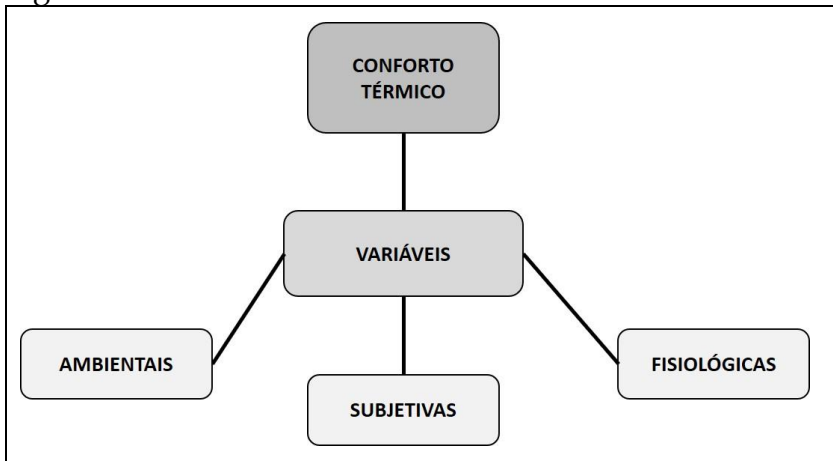
pode-se afirmar que as variáveis pessoais ou subjetivas ou psicológicas são fatores importantes para um bom desempenho cognitivo.

Variáveis fisiológicas

Pagnossin, Burio e Graciolli (2016) consideram as variáveis fisiológicas tão importantes quanto as demais envolvidas. Monteiro e Alucci (2013) chamam as mesmas variáveis de variáveis individuais. Contudo afirmam, cada um à sua maneira, que tais variáveis podem sofrer alterações devido às características individuais de cada pessoa, pois cada um possui uma maneira própria de sentir-se confortável. Essas variáveis referem-se a vestimenta, atividade ou esforço físico e metabolismo. A figura 3

demonstra as principais variáveis do conforto térmico.

Figura 3. Variáveis do conforto térmico



Fonte: elaborado pelos autores.

Características das variáveis do conforto térmico

No estudo de conforto térmico geralmente se estudam e utilizam muitas fórmulas, equações e cálculos para determinar diversos parâmetros das variáveis ambientais, tais como a temperatura,

umidade do ar, velocidade do ar, radiação térmica entre outros elementos.

Tudo isso para satisfazer diferentes condições ambientais para serem consideradas confortáveis. Porém não vamos entrar neste mérito de cálculo e fórmulas, nos concentrando mais em entender o conceito dos fatores das variáveis ambientais para o conforto térmico.

Para Monteiro e Alucci (2013), Torres (2016), Pagnossin, Burio e Graciolli (2016), Bogo et al. (1994), Frota e Schiffer (1995), entre os principais fatores das variáveis está a temperatura do ar que corresponde a temperatura ao redor do corpo humano, já a temperatura radiante refere-se à radiação solar direta no corpo humano, neste caso ocorre maior intensidade de calor no corpo, com a

elevada temperatura no ambiente o corpo humano responde liberando suor para tentar manter o equilíbrio térmico, o que chamamos de sistema termorregulador.

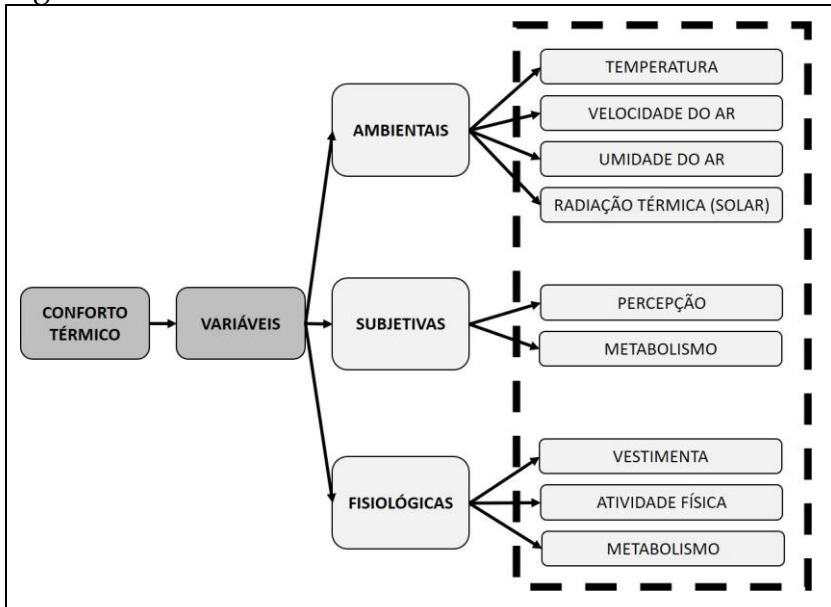
A radiação solar atua diretamente na disposição da temperatura do globo. Outro fator é a umidade do ar que ocorre através da evaporação das águas e forma os vapores de água na atmosfera, esta variável é responsável pela transferência de calor entre o homem e o ambiente. A velocidade do ar, ou seja, os ventos, determinam a transferência de calor por evaporação e convecção do corpo humano.

As alterações na temperatura do organismo humano ocorrem quando este não consegue equilibrar-se com a temperatura do ambiente onde

o indivíduo se encontra (PAGNOSSIN; BURIO; GRACIOLLI, 2016). Tanto Monteiro e Alucci (2013) quanto Pagnossin, Burio e Graciolli (2016) e Torres (2016) constataram em seus estudos que as variáveis subjetivas e fisiológicas apresentam algumas funções similares que estão relacionadas com a vestimenta, a atividade ou esforço físico, o metabolismo e a percepção de sensação térmica dentre outras características individuais.

Esses fatores podem ter muita influência no nível de satisfação de conforto térmico do indivíduo. O esquema da figura 4, apresenta as variáveis e suas características que podem ser trabalhadas para melhorar o conforto térmico do ambiente, seja um ambiente externo ou interno.

Figura 4. Características das variáveis do conforto térmico



Fonte: elaborado pelos autores.

No que se refere a vestimenta, pode-se dizer que é uma característica que interfere no bem-estar térmico, pois torna-se indispensável usar roupas adequadas de acordo com a variação de temperaturas do ambiente, observando também, suas respectivas cores. Em relação a atividade ou

esforço físico é necessário que o indivíduo, ao desempenhar uma atividade, esteja em um ambiente confortável, pois o calor gerado pelo organismo está intimamente relacionado com a atividade realizada e a troca de calor com o ambiente. O metabolismo pode ser entendido como uma série de reações químicas que ocorrem no interior do organismo vivo. É preciso considerar a diferença metabólica entre os gêneros masculino e feminino, pois a taxa metabólica é maior no sexo masculino que no feminino, tendo em vista a ação dos hormônios sexuais masculinos estimularem com mais intensidade os processos metabólicos. O mesmo acontece com as crianças em relação as pessoas idosas, ambos vão ter percepção diferente em relação ao conforto térmico. A percepção e preferência de sensações

térmicas podem variar de indivíduo para indivíduo, devendo-se considerar respectivamente diversas variáveis como idade, sexo, dentre outras. Desta forma pode-se perceber que o efeito combinado e a coesão de todas as variáveis e suas funções apresentadas é o que determina a sensação de conforto ou desconforto térmico no indivíduo.

A região Norte que tem um clima quente e úmido e uma temperatura elevada, é de grande importância trabalhar com essas variáveis apresentadas acima, assim contribuindo para minimizar o desconforto térmico do ambiente que causa grande fadiga física causada pelo metabolismo humano principalmente em crianças e idosos.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou as variáveis ambientais que provocam o conforto térmico e como elas agem sobre o corpo humano. Esses conhecimentos são fundamentais para que se saiba como lidar com o comportamento da natureza, de maneira que os indivíduos possam se adequar a ele. A ideia de harmonia e bem-estar, portanto, é uma iniciativa humana de convivência consequente. E a consequência esperada é que o comportamento da natureza não seja deliberadamente alterada, como é o caso da destruição das reservas florestais e eliminação de recursos hídricos, comprometendo a continuidade da vida na terra.

É através do conhecimento e a compreensão que ele traz que possibilita a mudança de postura.

Está-se consciente de que não há uma relação causa-feito do tipo “tem consciência, portanto haverá mudança de comportamento” entre esses dois fatores. Contudo, está-se convencido de que o conhecimento é necessário para uma mudança de atitude consistente e raciocinada, que é o fundamento da ação que traz resultados positivos para a manutenção do bem-estar humano.

REFERÊNCIAS

BOGO, Amilcar et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. Relatório Interno.

FERNANDES, Júlia Teixeira. **Código de obras e edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

GHAHRAMANI, Ali et al. Towards unsupervised learning of thermal comfort using infrared thermography. **Applied Energy**, v. 211, n. 2, p. 41-49, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.021>.

GOSSAUER, Elke; WAGNER, Andreas. Post-occupancy evaluation and thermal comfort: state of the art and new approaches. **Advances in building energy research**, v. 1, n. 1, p. 151-175, 2007.

<https://doi.org/10.1080/17512549.2007.9687273>.

GOUVEA, Tatiana Chrispim. **Avaliação do conforto térmico**: uma experiência na indústria da confecção. Dissertação (Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

LAMBERTS, Roberto et al. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2011.

MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Márcia Peinado. Índices de conforto térmico em

espaços urbanos abertos. **Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, jan./jun. p. 1-40, 2013..

MORGADO, Mariana; TALAIA, M.; TEIXEIRA, L. Conforto térmico na construção de ambientes de saúde e segurança: revisão da literatura. **III Congresso Internacional, I Simpósio Ibero-Americano e VIII Encontro Nacional de Riscos**. Guimarães, Portugal, 2014.

PAGNOSSIN, Elaine Medianeira; BURIO, Galileo Adeli; GRACIOLLI, Michele de Araújo. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2001.

PINHEIRO, Isabel Patrícia Teixeira. **Conforto térmico e bem-estar numa superfície comercial isolada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais). Universidade do Porto, Porto, 2011.

PINTO, Manuel; VIEGAS, João; FREITAS, Vasco. Qualidade do ambiente interior em edifícios de habitação. **Engenharia e Vida**, n. 38, p. 34-43, set. 2007.

TALAIA, Mário. **Riscos para a saúde num ambiente térmico frio: o vestuário e uma onda de frio.** *Territorium*, n. 23, p. 43-50, nov. 2016. https://doi.org/10.14195/1647-7723_23_4.

TORRES, Manoel Gerônimo Lino. **Conforto térmico e desempenho nos ambientes de ensino com inovações tecnológicas:** estudo de multicasos no Nordeste brasileiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

VAN HOOFF, J. et al. Ten questions concerning thermal comfort and ageing. **Building and Environment**, v. 120, n. 8, p. 123-133, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.008>.

VAN HOOFF, Joost; HENSEN, Jan LM. Thermal comfort and older adults. **Gerontechnology**, v. 4, n. 4, p. 223-228, 2006.

VERGARA, Lizandra Garcia Lupi. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva do Hospital Universitário de Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).

Universidade Federal de Santa Catarina,
Florianópolis, 2001.

ZOMORODIAN, Zahra Sadat; TAHSILDOOST,
Mohammad; HAFEZI, Mohammadreza. Thermal
comfort in educational buildings: a review article.
Renewable and sustainable energy reviews, v. 59,
n. 6, p. 895-906, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.033>.

Capítulo 6

A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA DO LIXO ELETROELETRÔNICO

Priscilla Moraes da Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: priscilla.contab.adm@gmail.com

Jayara Adelane Araújo Tavares

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: jayaraaraujo@gmail.com

Raione Gonçalves de Castro

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: castroraione@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

A mentalidade do consumismo tem causado muitos danos ambientais. Essa mentalidade está dispersa nos vários modos de vida associados, afetando quem tem formação superior (QUINN, 2020), quem tem ou não religião (ADOUR, 2019), envolve várias gerações (ELGEKA et al., 2018), líderes religiosos e seus liderados (BUCK, 2017), dentre inúmeros outros aspectos. Há estudos que chegam a mostrar que o consumismo é um tipo de doença (WENJUAN, 2016; BROOKS, 2006; CUSTÓDIO; OLIVEIRA, 2015). Afora as controvérsias, o fato é que o consumismo tem elevado em muito a demanda por produtos e serviços que consomem cada vez mais os recursos naturais existentes. Muitas vezes esses consumos são completamente desnecessários.

O problema não é tanto o consumo voraz de produtos, mas o que se faz com eles depois que sua vida útil foi esgotada. A questão não é a proibição ou não de retirada de recursos da natureza, mas o porquê do não aproveitamento daqueles que já foram extraídos e que se mostram viáveis em seus reaproveitamentos. O foco da discussão não é a limitação da liberdade humana, mas o não comprometimento da liberdade usufruída hoje para as gerações futuras.

É neste sentido que este estudo foi realizado. Seu objetivo é mostrar a relação entre o lixo eletroeletrônico com os fundamentos da logística reversa, como apontam diversos estudos (SAFDAR et al., 2020; GUARNIERI; SILVA; VIEIRA et a., 2020; MAHESWARI et al., 2020;

MUHAMMAD et al., 2020). Para isso, primeiro é mostrado o escopo conceitual do fenômeno do lixo eletrônico, apontando-se seus termos de equivalência e respectivos atributos. Em seguida é mostrada a importância da logística reversa para pelo menos atenuar o problema do lixo, tanto em quantidade quanto em periculosidade, que esse tipo causa. A conclusão mostra que a logística reversa já é uma realidade e tem se constituído em importante negócio para diversas cadeias de produção.

LIXO ELETROELETRÔNICO: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

Ushizima, Marins e Muniz Júnior (2014) e Rodrigues (2007) definem lixo eletrônico (e-lixo) como equipamentos que não são mais utilizados,

visto que perderam sua vida útil. Trata-se, na verdade, de partes/peças que compõem determinados eletroeletrônicos (EE) que podem ser descartados ao final de sua vida útil, ou seja, encontram-se em estágio interrompido, podendo ser reaproveitados.

Perkins et al. (2014) reiteram que os EEE's ainda são pouco reutilizados. A maior parcela dos lixos eletrônicos é reciclada pelo setor informal da população mundial, sobretudo por mulheres e crianças. Esse apontamento é alarmante, por se tratar de agentes sociais mais vulneráveis a contaminação via metais pesados através do manejo inadequado dos lixos eletrônicos. Em linhas gerais, é preciso que se tenha maior atenção aos grupos sociais que exercem tal atividade;

tentar frear a inserção de crianças na atividade de reciclagem, certamente, é uma ação plausível para essa problemática socioambiental.

Pereira, Ferraz e Massani (2014) afirmam que todo equipamento que estiver ultrapassado ou obsoleto torna-se lixo eletrônico. A constante dinâmica do meio técnico-científico-informacional faz com que um número massivo de periféricos eletrônicos seja atualizado para atender a demanda de usuários que procuram *updates*. Essa mudança conduz a sociedade em sempre mudar seus aparatos técnicos, gerando resíduos e, eventualmente, acúmulo dos mesmos.

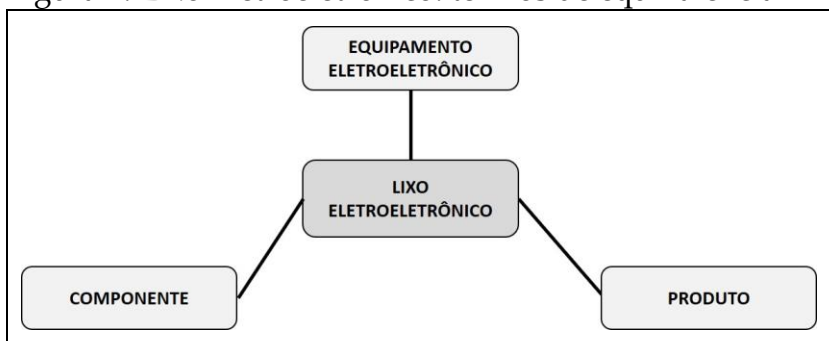
Vieira, Soares e Soares (2009) concluem que o lixo eletrônico nada mais é que um subproduto que um dia fez parte de um sistema produtivo, que

ao seu término de uso é descartado e passa a ser um problema para o meio ambiente. A preocupação com estes resíduos sólidos, como o chamam, não é apenas pela quantidade gerada, mas também pela possível presença de substâncias químicas proibidas na sua matéria-prima, como, por exemplo: metais e plásticos de alta periculosidade, levando a uma problemática socioambiental.

Leal (2018) reitera que os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REE) se caracterizam por serem componentes ou peças, oriundos do pós-consumo. Isto quer dizer que os REE são elementos eletroeletrônicos que apresentam defeitos e, em outros casos, são substituídos por aparelhos mais sofisticados.

Nesse contexto, os equipamentos eletroeletrônicos ao apresentarem tais condições, tornam-se lixo eletrônico e são facilmente descartados no meio ambiente, ou acumulados nas residências.

Figura 1. Lixo Eletroeletrônico: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

Com base na literatura apresentada, falaremos sobre como se origina o lixo eletrônico, suas descrições, quais as funcionalidades exercidas, como ele chega a sua saturação e as consequências que podem ocorrer se liberadas em

qualquer espaço, logo, partindo dos indícios citaremos: Equipamento eletroeletrônico, componente e produto. Equipamento eletroeletrônico é todo item que depende de energia elétrica para ser utilizado, ele é composto por softwares e hardwares, é um tipo de tecnologia que é buscada para facilitar o cotidiano dos usuários, seu uso contínuo, suas novas atualizações, ou meramente a substituição por outras versões, por influência do marketing do consumo, pode torná-lo obsoleto ou levá-lo a degradação, tornando-o “lixo eletrônico” que acaba sendo descartado em locais inapropriados, criando um cenário de caos, pois ao ficarem expostos, acabam contaminando o meio ambiente por conterem substâncias que agredem o solo.

Componente é uma parte que constrói um todo, pode ser feito de vários tipos de matéria prima, que ao ser juntado e montado uns aos outros ordenadamente, desempenham funcionalidades diversas, que atendem as necessidades do cliente final, esses elementos são bastante específicos, normalmente são criados apenas para uma única finalidade, ao se tornarem ultrapassados, reinventados, deixados em ambientes inadequados, ou manuseados sem a técnica correta, tornam-se resíduos sólidos que comumente são encontrados poluindo todo o ecossistema.

Produto é todo objeto que passa por um processo de transformação da cadeia produtiva até chegar ao consumidor, é um bem que pode ser

consumido de diversas formas, porém, ao final de sua vida útil, dificilmente, encontram um local e a forma correta de ser eliminada, comprometendo, assim, a água, o solo e o futuro das gerações que terão que recuperar todo o habitat que herdaram.

Podemos concluir que o lixo eletrônico é um fenômeno que não é só exclusividade do nosso país, tal acontecimento não se dá apenas pela falta de conscientização da população, mas também pela questão da inovação tecnológica. Surgiu então uma problemática, uma preocupação com o meio ambiente, antes não tão relevante, até mesmo pela questão de crescimento populacional que antigamente não era tão expressiva, logo, o acúmulo de lixo que com a evolução dos tempos ganhou uma nova percepção para a geração atual

que se demonstram ter uma consciência quanto a preservação e conservação do meio ambiente que estão inseridos.

Percebendo os resultados negativos que dejetos eletrônicos trazem para o solo e conseqüentemente para o ecossistema, soluções tem sido criadas para que esses produtos ao chegarem no final a sua vida útil, haja um destino adequado, onde possa haver o cuidado necessário quanto a coleta, seleção e classificação desse lixo, de forma que ele seja direcionado para o reaproveitamento, reciclagem ou reinvento de forma sustentável, ou seja, sem que isso agrida de forma irreversível a biodiversidade do planeta.

LIXO ELETROELETRÔNICO: ATRIBUTOS

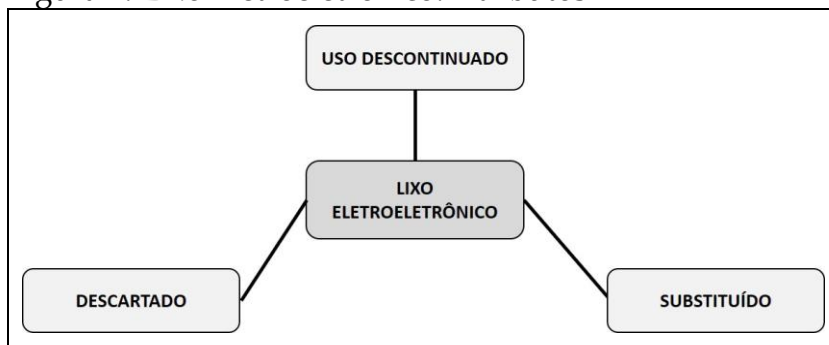
Ushizima, Marins e Muniz Júnior (2014) citam que o lixo eletroeletrônico provém principalmente por uso descontinuado e que seus componentes muitas vezes possuem substâncias nocivas ao meio ambiente e ao ser humano. Essa consciência busca ser trabalhada em comunidade e imposta também através de leis. Pereira, Ferraz e Massaini (2014) enfatizam ainda que há alguns consumidores preocupados com o meio ambiente, pois não descartam seus resíduos eletroeletrônicos e acabam acumulando-os em casa até encontrarem uma melhor logística ambiental (PEREIRA, 2014).

Rodrigues (2007) enfatiza que o descarte do lixo eletrônico ocorre quando os equipamentos eletroeletrônicos completam seus ciclos de vida. Em outras circunstâncias tais resíduos são

descartados bem antes do possível tempo durável, isto é, são substituídos apenas para a adequação ao padrão da sociedade, portanto, uma espécie de "modismo desenfreado", assim como cita Leal (2018).

Leal (2018) afirma também que os produtos elétricos são substituídos devido à "obsolescência programada" dos mesmos. Trata-se de uma predestinação dos equipamentos eletroeletrônicos, os quais são produzidos com matéria-prima não tão consistente ou mesmo com funções reduzidas e logo necessitam serem trocados por outros. A figura 2 mostra os atributos encontrados para o lixo eletroeletrônico na literatura.

Figura 2. Lixo Eletroeletrônico: Atributos



Fonte: elaborado pelos autores.

Com base na literatura apresentada, pode-se afirmar que alguns eventos precisam ser ocasionados para que o equipamento eletrônico venha a adquirir características que o faça ser transformado e denominado lixo eletrônico, esses episódios podem se dá a partir de acontecimentos como: o uso descontinuado, o material ser descartado ou substituído.

Uso descontinuado, periodicamente as empresas estão lançando modelos novos de

eletroeletrônicos. Mas para o “novo” entrar, o “velho” precisa sair. O avanço da tecnologia e a corrida tecnológica obrigam as empresas a lançarem modelos em tempo menor para sobreviverem à concorrência.

Este avanço faz com que o impulso por adquirir um novo produto seja muito maior, fazendo com o antigo seja substituído. Mas não de imediato. O tempo entre aquisição e adaptação do novo equipamento ainda é longo até que alcance o destino final. A partir do momento que nos interessamos mais pelo novo e o substituímos, a tendência do cérebro humano é abandonar o que já possuímos. Isso gera o descarte impulsivo. As literaturas abordam que o produto não é descartado somente em aterro sanitário, mas

também pode-se considerar quando acumulado em casa, e que definitivamente virará descarte. Todos esses atributos estão correlacionados aos termos de equivalência.

A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa surgiu no período da segunda guerra mundial, foi desenvolvida pelos japoneses, com o objetivo de conhecer os procedimentos de montagens dos armamentos utilizados em batalhas, esse tipo de técnica e utilizada até os dias de hoje por indústrias que almejam lançar ou melhorar novos serviços ou produtos. É através desse processo que se dá a reinvenção do que muitos chamam de lixo, entendemos que o descarte de certos materiais pode virar obra prima nas mãos de quem sabe dar

um novo sentido ao fim desse material. O lixo eletrônico ao ser retirado de circulação pode ser reavaliado e estudado de forma que possa voltar aos clientes de uma nova forma, contribuindo assim com a preservação do meio ambiente, que não vai ser prejudicado pelo descarte inapropriado desse resíduo, demonstrando assim, a importância de administrar de uma forma limpa, o retorno desses utensílios após sua venda e consumo.

Várias iniciativas em prol da questão socioambiental têm surgido nos últimos anos. Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que apresentam soluções para problemática dos resíduos sólidos eletroeletrônicos. É o caso do trabalho de Morigi e Jesus (2019), no qual a cidade de Londrina, estado do Paraná, é destaque por ser

pioneira em um projeto com o viés para a melhoria do meio ambiente. Trata-se da Organização Não Governamental-ONG, *E-Eleto*, que faz a destinação correta destes resíduos. Para tanto, eles têm um galpão onde recebem os equipamentos eletroeletrônicos dos consumidores e de empresas do ramo da Tecnologia da Informação (T.I).

Morigi e Jesus (2019) enfatizam ainda, que após o recebimento, os resíduos passam por uma triagem onde são destinados ao conserto, antiguidade e separação. Os equipamentos consertados são doados as escolas ou instituições que necessitam de aparato tecnológico. Os itens classificados como antiguidade, são colocados à venda e toda renda adquirida nesta etapa é revertida em receita para ONG continuar com suas

atividades. Os objetos classificados como separação, são aqueles que não têm conserto, portanto, são diretamente destinados ao aterro sanitário.

Sigrist et al. (2019) propuseram um software gratuito que tem por finalidade socializar informações, promover interação por rede social e agregar valor às práticas ambientais sustentáveis. É o aplicativo chamado *EletroBye* e encontra-se em funcionamento na cidade de Santos, estado de São Paulo. Nesta plataforma os usuários dispõem de pontos georreferenciados (mapeados) de descarte de lixo eletroeletrônico, utilizando a base de dados do *Google Maps*.

Sigrist et al. (2019) propõem ainda que os pontos de descarte devem estar tipificados por

cores específicas, sendo azul para objetos de pequeno porte como: bateria e pilhas; e verde para todos os eletroeletrônicos. Além disso, a plataforma digital também dispõe de uma janela de avaliação do ponto de descarte para que os administradores tenham percepção do nível de acuraria dos pontos. Também perceberam que um dos motivos pelos quais as pessoas despejavam seus e-lixos em locais indesejados, era pela falta de orientação sobre onde depositar corretamente. Após a detecção desse problema, verificaram os pontos de descarte que a cidade possuía e sistematizaram o software em questão.

Bayão e Amorim (2019) discutem que a logística reversa adequada possui gestão de coleta de resíduos baseada no tripé: coleta, transporte,

reciclagem/tratamento do e-lixo. Em seus estudos acrescentam ainda que é necessário um local para o descarte do e-lixo doméstico, devido à sua natureza pesada e volumosa. Além disso, o que se tem observado é que o e-lixo tem sido descartado como lixo comum, a coleta na rua raramente é oferecida especificamente para os resíduos eletroeletrônicos.

Siqueira, Silva e Kitajima (2019), em estudos sobre o uso da Hidrometalurgia no reaproveitamento de metais pesados, mostraram em suas análises que tal iniciativa além de agregar valor econômico, evita que tais resíduos degradem o meio ambiente. Para isso, segundo os autores, inicialmente, deve-se identificar as amostras de lixo eletrônico que serão destinadas a reciclagem,

tais como: pentes e placas de memória de computadores tipo desktop e processadores das CPU's, nesses componentes, geralmente, contém ouro, cobre, chumbo e etc.

Logo em seguida, os metais valiosos são separados dos demais elementos, como, as acoplagens não valiosas. É interessante destacar que, no caso das CPU's, estas são aquecidas no bico de *Bunsen*, até que fiquem em estado líquido. De acordo com Siqueira e colaboradores (2019) para que os metais sejam filtrados dos demais componentes é necessária à adição de produtos químicos, como o ácido nítrico (HNO_3) concentrado (65%).

CONCLUSÃO

A logística reversa voltada para materiais metálicos já é uma realidade que impacta a economia de muitos países, são empreendimentos que fazem parceria não apenas com os distribuidores mas também com os consumidores, no momento do descarte final de materiais de diversos tipos, logo sua coleta não vem necessariamente de aterros e lixos, mas também das mãos dos próprios consumidores que conscientemente devolvem em locais de compra, onde seu produtores retornam esse produto para a cadeia produtiva para transforma-los em outros produtos. Resultados positivos dessas técnicas podem ser percebidos na logística empresarial, onde através de estudos dos processos produtivos podem apontar as matérias que podem ser

descartados ou reintegrados ao processo com a finalidade de minimizar ou zerar a produção de resíduos.

Portanto, as empresas fazendo uma boa gestão de seus lixos, acabam gerando benefícios ao meio ambiente, sem comprometer a qualidade de vida das pessoas, animais e do planeta, geram novos postos de trabalho, com os centros de tratamento.

Por conseguinte, as empresas que agregam esse tipo de procedimento em suas cadeias produtivas passam uma ideia que é bastante benéfica a sua imagem com os clientes, agregando valor perante a sociedade, demonstrando o quanto se importam com a ambiente em que vivem.

A base da econômica de Manaus tem como uma de suas principais fontes de renda a produção de equipamentos eletroeletrônicos, a Zona franca de Manaus, criada em 1967 é um modelo que foi implantado pelo Governo Brasileiro, atualmente estão implantadas cerca de 600 empresas que desenvolvem principalmente nos setores de produção de televisores, informática e motocicletas. Indústrias que não tem apenas a preocupação em produzir em grande massa, mas também em como recolher esses materiais depois do seu uso. As empresas para obterem seu espaço no Polo industrial precisam se preocupar também com a destinação correta de seus produtos, logo, investem financeiramente em estudar novas técnicas da logística reversa com o intuito de diminuir os impactos negativos ao meio ambiente,

obedecendo as leis ambientais, o que resulta em uma qualidade de vida melhor para a população conhecida como a mais rica em fauna e floral do Brasil.

A questão ambiental, se apresenta como um problema, onde a engenharia reversa, vem como solução, onde os resíduos que são gerados pelos equipamentos eletrônicos, passarão por um tratamento correto, para que não seja despejado incorretamente, reduzindo a quantidade de poluentes na natureza, arrumando a destinação devida para cada peça, e por seguinte que se torne um novo produto.

O fator econômico é impactado pelo reaproveitamento de matérias-primas, pois, após a seleção e avaliação dos tipos de materiais a

destinação apropriada evita custos desnecessários com novas peças e ocasionalmente com descartes irregulares que podem resultar em problemas peculiares com órgãos regulamentadores.

O benefício que essa técnica traz para a sociedade, meio ambiente e para a saúde pública são inúmeras, pois, ao cuidar da redistribuição apropriada desse lixo, acaba evitando a transmissão de doenças, contaminações, alagamentos, inundações entre outros prejuízos. Esse tipo de logística reversa direcionada aos resíduos eletrônicos se apoiam na **Lei nº12.305/10** que estabelece como se deve gerenciar os resíduos sólidos, em todo o território nacional, desde fabricantes, comerciantes, distribuidores e importadores de eletroeletrônicos e componentes

relacionados que desenvolvam um **sistema de logística reversa**.

REFERÊNCIAS

ADOUR, Timothy. **A Christian faith leader's perception of psychology of entitlement: a narrative inquiry**. Tese (Doutorado em Psicologia). Johnson University, Knoxville, 2019.

BAYÃO, Darlan Vale; AMORIM, Cintya Mércia Monteiro. Logística Reversa do Lixo eletrônico: Uma visão global dos avanços ocorridos e uma comparação com a situação brasileira. **37º Seminário de Logística - Suprimentos, PCP, Transportes**, São Paulo, 2 a 4 de outubro de 2018.

BROOKS, David. Bobos in paradise. In: GRUSKY, David B.; SZELÉNYI, Szonja. (Eds.). **The inequality reader: contemporary and foundational readings in race, class, and gender**. New York: Westview, 2006.

BUCK, Jennifer M. Multi-Denominational Belonging and Quakers in Evangelical Friends

Church Southwest. **Quaker Religious Thought**, v. 129, n. 1, p. 3, 2017.

CUSTÓDIO, Maraluce Maria; OLIVEIRA, Marcio Luis. Eco-efficiency in bidding processes to purchase everyday supplies for the Brazilian federal administration. **Veredas do Direito**, v. 12, p. 33, 2015.

ELGEKA, Honey Wahyuni Sugiharto et al. Money attitude and conscientiousness influence mental budgeting: A comparative study between Indonesia and China. **Psychologia**, v. 61, n. 1, p. 26-36, 2018. <https://doi.org/10.2117/psysoc.2019-A004>.

GUARNIERI, Patricia; SILVA, Lucio Câmara e; VIEIRA, Bárbara de Oliveira. How to assess reverse logistics of e-waste considering a multicriteria perspective: a model proposition. **Logistics**, v. 4, n. 4, p. 25, 2020. <https://doi.org/10.3390/logistics4040025>.

LEAL, Heleno Manduca Ayres. **Lixo Eletrônico**: um estudo sobre o tratamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no município de Palmas - TO. Dissertação (Mestrado em Ciências

do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

MAHESWARI, Hesti et al. Sustainable reverse logistics scorecards for the performance measurement of informal e-waste businesses. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e04834, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04834>.

MORIGI, Josimari de Brito; JESUS, Marcos Junio Ferreira de. Gestão de resíduos eletroeletrônicos e a logística reversa: um estudo sobre a Ong E-letro, localizada em Londrina-Paraná. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 4, n. 4, p. 47-71, jul./ago. 2019.

MUHAMMAD, Azlina et al. Reverse logistics activities for household e-waste management: a review. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 9, n. 1, p. 312-318, 2020.

PEREIRA, Fernando Antonio de Melo; FERRAZ, Sofia Batista; MASSAINI, Ivye Ane. Dimensões de consciência dos consumidores no processo de reciclagem do lixo eletrônico (E-waste). **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, v. 14, n. 3, p. 177-202, set./dez. 2014.

PERKINS, Devin N. et al. E-waste: a global hazard. **Annals of Global Health**, v. 80, n. 4, p. 286-295, jul./ago. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>.

QUINN, Marisa J. **The impact of mission formation programs on senior administrators at Lasallian catholic institutions in the Midwest district**. Tese (Doutorado em Educação). Regent University, London, 2019.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2007.

SAFDAR, Nimra et al. Reverse logistics network design of e-waste management under the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 272, n. 11, p. 122662, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122662>.

SIGRIST, Vanina Carrara et al. EletroBye: desenvolvimento de aplicativo geolocalizador para orientação ao descarte de lixo eletrônico em

Santos (SP). **Revista FaSci-Tech.**, v. 1, n. 14, p. 67-81, 2019.

SIQUEIRA, Amanda, Rodrigues, SILVA, Soraya Menezes, KITAJIMA, Luiz Fernando Whitaker. A sustentabilidade do uso da hidrometalurgia na reciclagem do lixo eletrônico. **RRCF**, Fortaleza, v. 10, n. 1, jan./jun. 2019;

USHIZIMA, Marina Monteiro; MARINS, Fernando Augusto Silva; MUNIZ JUNIOR, Jorge. Política nacional de resíduos sólidos: cenário da legislação brasileira com foco nos resíduos eletroeletrônicos. **XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, UNESP, São Paulo, 2014.

VIEIRA, Barbara de Oliveira et al. Prioritizing barriers to be solved to the implementation of reverse logistics of e-waste in Brazil under a multicriteria decision aid approach. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 4337, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12104337>.

VIEIRA, Karina Nascimento, SOARES, Thereza Olívia Rodrigues, SOARES, Laíla Rodrigues. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e

baterias da Braskem. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 120-136, set./Dez. 2009.

WENJUAN, Zhou. An eco-discourse analyst and his stories: An ecolinguist's duet reviewed. **Language & Ecology**, p. 1-10, 2016.

Capítulo 7
TECNOLOGIAS E DETERMINANTES
DA SEGURANÇA ALIMENTAR

Joana de Araújo Monteiro

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: joana.monteiro@hotmail.com

Raquel Brandão Campelo

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: raquelbrandaocampelo@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mundo parece viver um paradoxo: aumenta a produção de alimentos, mas aumenta também o número de pessoas famintas, como mostra a retórica de Shelley sobre a escassez (LEWIS, 2014). O que o mundo produz é suficiente para garantir a manutenção de todos os seus habitantes, mas essa produção é mal distribuída. Está concentrada, em sua maior quantidade, em um número reduzido de pessoas. Por essa razão um número crescente de pessoas tem ficado de fora da distribuição desses alimentos. E o resultado disso é o que se tem chamado de insegurança alimentar ou falta de segurança de alimentação que garanta a saúde e até mesmo a sobrevivência das pessoas.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo apontar os determinantes da segurança alimentar, de maneira que as pessoas possam compreender o que a ciência já sabe sobre essa questão e, assim, poderem conduzir com adequação as suas vidas. Para isso, primeiro é definido o estado da arte da segurança alimentar, conhecendo-se os termos de equivalência encontrados na literatura para, em seguida, serem conhecidos e compreendidos os seus atributos, que são suas características essenciais. O estudo prossegue com os determinantes da segurança alimentar e termina com a descrição de algumas tecnologias de segurança alimentar disponíveis. A conclusão mostra que, infelizmente, quando a maior parte da população tem acesso a algum alimento, esse alimento é quase sempre uma sobra.

SEGURANÇA ALIMENTAR: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

Segundo Saccol (2007), Costa, Garcia e Brito (2002), Souza, Medeiros e Saccol (2013), Cruz e Teixeira (2005), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiburger e Knob (2013), Pietrowski (2002) e Mitsue (2010) a segurança alimentar é definida como um direito. Este direito deve obedecer às normas e princípios que assegurem à população o acesso permanente e intransferível à segurança alimentar. No entanto, a oferta de alimentos que obedecem às normas de qualidade não é acessível a todos, contradizendo o direito da segurança alimentar. A maioria dos alimentos consumidos é de origem desconhecida, assim como sua forma de processamento, a exemplo temos os alimentos

oriundos de produções agrícolas deficientes quanto à fiscalização e o uso inadequado de agrotóxicos.

Ré, Freiburger e Knob (2013), Devereux et al. (2019), Pradeepkiran, (2019) e Dan-Baki et al. (2019) definem segurança alimentar como disponibilidade, estabilidade e acesso a alimentos em qualidade e quantidade para todos, não devendo o poder aquisitivo ser um impedimento a esse acesso. Contudo, a disponibilidade de alimento e sua acessibilidade podem ser facilmente questionadas ao observar o município, estado e país em que vivemos. É comum a imagem de alimentos, sejam processados ou in natura, descartados diariamente em lixeiras e, aliada a esta situação existe ainda uma quantidade significativa

de pessoas que não tem acesso a qualquer tipo de alimento, consumindo descartes para sobrevivência. É importante saber que a equidade quanto à aquisição de alimentos seguros é um desafio enfrentado por diversas comunidades e ações para a melhoria da atual situação devem ser discutidas pela população.

Ainda que a possibilidade de acesso seguro a uma alimentação suficiente, assim como citam Camelo, Tavares e Saiani (2009) e Costa (2014), seja tangível, existe a necessidade de meios de controle e acompanhamento a fim de garantir a segurança alimentar. O ato de conhecer o produto, onde foi produzido, como foi beneficiado está muito próximo de profissionais do campo, entretanto, o consumidor deve interessar-se, conhecer e muitas

vezes investigar o alimento consumido com o propósito de monitorar o direito coletivo à segurança dos alimentos que estão diariamente à mesa.

Por sua vez, a segurança alimentar vai além de qualidade e quantidade disponíveis para a população. Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019) e Ugbem (2019) definem como uma situação que existe quando as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico, social e econômico de alimentos suficientes, seguros e nutritivos que atendam às suas necessidades e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável. Neste sentido é possível notar que o direito à alimentação deve ser visto como um problema de políticas públicas, sendo essencial para o desenvolvimento de cada

cidadão. É importante dizer que a segurança alimentar tem sido pauta de muitas discussões de combate à fome e a desnutrição a nível mundial.

Para ser garantida, Rodrigues (2009) e Carvalho (2012) reforçam práticas que comprovem a segurança de gêneros alimentícios, sustentando a afirmativa de que não haja nenhum dano à saúde dos consumidores, incluindo os mais sensíveis, nem a curto nem em longo prazo, e, ainda, que não se encontrem impróprios para o consumo humano por motivos de contaminação interna ou externa, deterioração, putrefacção ou decomposição. A fiscalização de alimentos tanto em redes de supermercados, quanto em feiras, deve ser feita de forma preventiva, a fim de reduzir contaminações, muitas vezes pelo armazenamento inadequado. A

manipulação e higienização correta dos alimentos devem estar inseridas em todos os níveis de acesso dentro de uma empresa e em propriedades agropecuárias, desde o plantio até o momento de pós-colheita, com uso correto de equipamentos de higienização e proteção, sendo necessária a capacitação de pessoas que lidam diretamente na manipulação de alimentos.

Figura 1. Segurança alimentar: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

Como é observado na figura 1, a segurança alimentar pode ser traduzida como o direito à alimentação, assim como descrito por Costa,

Garcia e Brito (2002), Souza, Medeiros e Saccol (2013), Cruz e Teixeira (2005), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiburger e Knob (2013), Saccol (2007), Pietrowski (2002) e Mitsue (2010). Além de ser um direito comum a todos, Ré, Freiburger e Knob (2013), Devereux et al. (2019), Pradeepkiran (2019), Dan-Baki et al. (2019), Camelo, Tavares e Saiani (2009) e Costa (2014) sugerem atenção especial quanto à disponibilidade, estabilidade e acesso, além das práticas utilizadas para a conquista de alimentos seguros. Ainda, somado a todos os termos que expressam a segurança alimentar, Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019), Ugbem (2019), Camelo, Tavares e Saiani (2009) e Costa (2014) defendem que a situação vivida por cada pessoa, quando existe a possibilidade de ser sustentada

por alimentos seguros, atende às necessidades nutricionais individuais.

SEGURANÇA ALIMENTAR: ATRIBUTOS

Analisando as definições de Costa, Garcia e Brito (2002), Souza, Medeiros e Saccol (2013), Cruz e Teixeira (2005), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiberg e Knob (2013), Saccol (2007), Pietrowski (2002), Mitsue (2010) e Costa (2014), a segurança alimentar deve proporcionar à população o acesso permanente aos alimentos necessários à vida, em quantidade e qualidade, que a torne digna e saudável, de maneira sustentável. Para garantir esta permanência o estado deve proporcionar meios para que a população, independente da classe social, seja beneficiada, assim como o apoio a agricultores, estimulando a participação social,

devendo seus produtos ser adquiridos e disponibilizados à população pelo mercado vigente. Produtores rurais, trabalhadores de indústrias de alimentos e consumidores devem ser sensibilizados quanto à alimentação saudável, entendendo que esta tem origem no campo e deve ser conservada até a mesa. A permanência deve ser interpretada como constância, continuidade, observando todas as etapas. Todo este processo impede que a propaganda de alimentos ditos como naturais e saudáveis influencie o consumidor a adquiri-los, sem saber a origem, levando a diversos problemas de saúde a longo prazo, induzindo também o consumidor a se distanciar dos hábitos de alimentação mais saudáveis.

Camelo, Tavares e Saiani (2009), Pradeepkiran (2019), Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019), Devereux et al. (2019) e Ugbem (2019) dizem que para a segurança alimentar as pessoas têm acesso físico, social e econômico a alimentos. O acesso econômico se dá desde o produtor rural até o consumidor final, onde ocorrerá o benefício monetário, funcionando como propulsor de uma produção mais benéfica à sociedade. Quando o consumidor percebe a qualidade do que consome, a importância dada por ele aos produtores é percebida em ganhos, fazendo com que outros agricultores, de pequeno médio ou grande porte, se adequem no quesito segurança alimentar no campo. Ainda, deve ser notado que o consumo de produtos regionais faz parte da produção de alimentos seguros, já que

fomenta a continuidade e melhoria de processos agrícolas conhecidos, não sendo necessária a adequação de inúmeros fatores para implantação de espécies exóticas.

É preciso ter acesso a alimentos nutritivos que atendam às suas necessidades e preferências alimentares, conforme Camelo, Tavares e Saiani (2009), Pradeepkiran (2019), Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019), Devereux et al. (2019) e Ugbem (2019). Esses alimentos nutritivos compreendem os alimentos necessários à vida que podem ser vistos como todos aqueles que possuem nutrientes essenciais para uma vida saudável, contudo, é comum aos alimentos a passagem por diversos processos, acarretando a perda de seu valor nutricional e chegando à mesa do

consumidor com os níveis nutritivos alterados. A busca por alimentos mais naturais está em expansão, sendo consideráveis saudáveis os ricos em fibras, vitaminas e minerais, porém, a forma de manuseio desses alimentos, muitas vezes é desconhecida.

Para Rodrigues (2009) e Carvalho (2012), alimentos seguros não causam nenhum dano à saúde dos consumidores, incluindo os mais sensíveis, nem a curto nem em longo prazo, além de serem livres para o consumo humano, estando isentos de contaminação interna ou externa, deterioração, putrefacção ou decomposição. Etapas que garantem que os alimentos sejam seguros como a produção no campo, a conservação, o transporte, o processamento e a

embalagem, fazem parte da cadeia produtiva de alimentos, devendo esta ser controlada e fiscalizada desde o início. Os alimentos devem ter passado por condições que irão garantir a proteção do consumidor a doenças adquiridas através do consumo de alimentos mal processados.

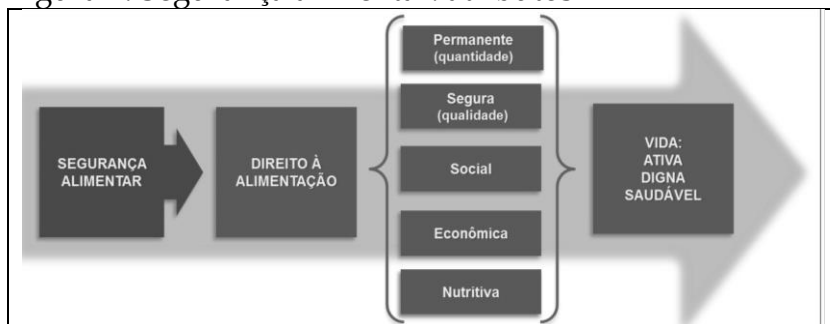
Quando todas as pessoas têm acesso físico, social e econômico à alimentação saudável, conforme Camelo, Tavares e Saiani (2009), Pradeepkiran, (2019), Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019), Ugbem (2019) e Devereux et al. (2019), garante-se o consumo em qualidade e quantidade essenciais para uma vida ativa.

Sendo vista como um caráter social, a segurança alimentar deve ser inserida desde a produção de alimentos que respeitem o meio

ambiente, que sejam nutritivos e que respeitem a diversidade cultural de cada região, é prioridade. A origem da segurança alimentar se dá através do acesso a sementes de qualidade, água para consumo e produção de alimentos, energia para irrigação, esses fatores disponíveis influenciam diretamente a produção de alimentos saudáveis e com qualidade.

É importante salientar, como já dito anteriormente, que esses fatores estão ligados diretamente a políticas públicas. Deve-se ter como prioridade o incentivo à produção agroecológica, integrada e futuramente a produção orgânica. Buscar o que produzir, para quem produzir e como produzir, como sintetizado na figura 2.

Figura 2. Segurança alimentar: atributos



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 2 mostra que a segurança alimentar equivale ao termo 'direito à alimentação', como sugerem Costa, Garcia e Brito (2002), Souza, Medeiros e Saccol (2013), Cruz e Teixeira (2005), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiberg e Knob (2013), Saccol (2007), Pietrowski (2002) e Mitsue (2010). Para que a segurança dos alimentos seja garantida, são necessários fatores que a alicerçam como permanência, segurança, participação social, economia e suprimento de nutrientes, como

mostram Dan-Baki et al. (2019), Costa, Garcia e Brito (2002), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiberg e Knob (2013), Pietrowski (2002), Saccol (2007) e Mitsue (2010).

Esses suprimentos devem ser certos e inalienáveis, não havendo falha ou falta em nenhum dos fatores, tanto em qualidade como em quantidade. Segundo Camelo, Tavares e Saiani (2009), Pradeepkiran, (2019), Devereux et al. (2019), Lam et al. (2019), Kinda e Badolo (2019) e Ugbem (2019), quando todos os elementos satisfazem às condições para uma alimentação segura o resultado atingido é uma vida ativa, digna e saudável.

SEGURANÇA ALIMENTAR: DETERMINANTES

A Segurança alimentar dentre as inúmeras definições pode ser traduzida como o direito à alimentação de forma permanente, segura, social e econômica, garantindo os nutrientes necessários para uma vida ativa, digna e saudável, assim como citam Costa, Garcia e Brito (2002), Souza, Medeiros e Saccol (2013), Cruz e Teixeira (2005), Eckhardt e Bosco (2014), Ré, Freiburger e Knob (2013), Saccol (2007), Pietrowski (2002) e Mitsue (2010). Diante de tantos atributos, quais são os determinantes para que a segurança dos alimentos seja possível? A resposta para o questionamento é sugerida por diversas pesquisas e a possibilidade de sucesso é definida por diferentes fatores, levando em

consideração a realidade nacional e as tecnologias já empregadas.

É evidente, ao realizar revisões literárias a recorrente menção às políticas públicas atreladas à temática segurança alimentar. Para Maluf (1995) o sucesso da segurança alimentar, no âmbito internacional, ocorre justamente por políticas públicas adotadas em diferentes momentos, pela autossuficiência produtiva agroalimentar, pela disponibilidade de alimentos obtida via importações e o acesso da população. O mesmo autor afirma que a renda insuficiente da população de forma permanente dificulta o acesso a alimentos seguros, em concordância com Araújo (2012) quando cita que as políticas públicas empregadas no país possuem um curso

descontínuo e negligenciado pelo Estado brasileiro ao longo da história da nação.

Em sua pesquisa, Santtamini (2013) analisou as propostas políticas do Conselho Nacional da Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) dentre elas novamente as políticas públicas foram mencionadas. É preciso cuidado para a definição de estratégias a fim de planejar estratégias de políticas públicas de combate à fome e em favor à segurança alimentar, para que estas sejam efetivas na resolução de problemas. Pesquisa, planejamento e discussão são então combustíveis para as políticas públicas, mas, deve ser dito que somente a criação destas não é suficiente para a garantia da segurança alimentar ainda que seja um fator determinante para o sucesso desta.

Outro fator claro quanto à promoção ou não da aquisição de alimentos seguros é a renda insuficiente. Maluf (1995) entende que para a mudança da situação de insegurança alimentar deveria haver profundas revisões das formas sociais de produção agrícola, regularização das relações de trabalho no campo e na previdência rural, disponibilidade de alimentos a baixos preços e recuperação gradativa do poder aquisitivo da população. Provavelmente se todos estes fatores fossem colocados em prática muito da insegurança alimentar não existiria. Oliveira e Lima Filho (2011) confirmaram em suas pesquisas duas hipóteses: a primeira, onde as variáveis socioeconômicas influenciam o comportamento do consumidor de alimentos, quanto maior é o status socioeconômico, maior é o número de refeições

diárias realizadas e a frequência de consumo de alimentos como frutas e hortaliças; a segunda, as variáveis socioeconômicas são determinantes da segurança alimentar, ou seja, quanto maior a renda familiar per capita e a escolaridade do chefe de família, maior a segurança alimentar.

Costa et al. (2009) e Oliveira (2010) afirmam que a desigualdade de renda é um fator determinante para a insegurança alimentar, concordando com Oliveira (2015) que cita a renda disponível, a estabilidade financeira dos moradores, e a participação em programas sociais e a rede social de apoio da família são fatores geradores da segurança alimentar. Camelo, Tavares e Saiani (2009) lembram que programas de transferência de renda com condicionalidades têm

sido adotados por diversos países em desenvolvimento como ações para a redução da pobreza e da desigualdade social.

No Brasil, temos o Programa Bolsa Família (PBF) que possui impacto no alcance da segurança alimentar. Camelo, Tavares e Saiani (2009) evidenciam em suas pesquisas que o programa Bolsa Família é mais eficaz em melhorar a condição de segurança alimentar de domicílios mais próximos da linha de pobreza, àqueles em situação de insegurança menos grave. Outro programa bastante conhecido, o Programa Fome Zero, implantado pelo governo federal, foi descrito por Mota (2014), para ele, o programa contribuiu para o avanço da sociedade brasileira, não apenas com a ideia de manter indivíduos bem alimentados,

mas com a efetivação do direito humano à segurança alimentar e nutricional.

Oliveira (2015) sugere a implantação de programas em vários níveis (micro, meso e macro), apoiando a participação em programas sociais, programas que lidem com riscos sociais e programas de saúde e de educação. Costa (2008) reconhece que programas educativos devem promover o aprendizado sobre a alimentação favorecendo não só o direito de comer, mas também o direito à informação. Bastante conhecido, o Programa Nacional de Alimentação Escolar, contribui atendendo as demandas de acesso à alimentação por parte dos estudantes, quanto às necessidades dos agricultores familiares de conseguir mercados para seus produtos,

facilitando a inserção da segurança alimentar e nutricional no desenvolvimento local.

Simas (2010) é enfática e descreve quatro principais determinantes para a segurança alimentar: a disponibilidade, uma ferramenta estatística que faz combinações de dados de pesquisa e de censo permitindo a construção de mapas para níveis distintos de insegurança alimentar em todas as unidades geográficas; o acesso, medido por meio da ingestão de alimentos ou nutrientes a nível familiar havendo a utilização de questionários para coleta de informações; a utilização dos alimentos refere-se como o alimento é consumido e quais benefícios nutricionais são adquiridos; e a estabilidade de acesso aos alimentos, alimentação adequada em todos os

momentos, independente de crises relacionadas a fatos econômicos e climáticos, além de padrões cíclicos.

Sereno et al (2017) explicam o cultivo do maná-cubiu, onde citam a importância de estratégias financeiras, medidas sustentáveis e acerca da contribuição do cultivo do maná-cubiu nesse contexto, como determinantes da segurança alimentar e nutricional. Os autores mostram que o Brasil é o terceiro maior produtor de frutos no mundo, correspondendo a 6% da produção mundial. O incentivo ao consumo de alimentos regionais deve fazer parte das políticas nacionais, o Brasil é um país com uma vasta diversidade biológica. Essa diversidade pode ser explorada de maneira sustentável, um exemplo é a região

amazônica, a qual possui grande potencial utilizando práticas de produção sustentáveis as quais podem ser repassadas a pequenos agricultores familiares, como a utilização de sistemas agroflorestais, utilização de adequações tecnológicas.

TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA ALIMENTAR

Fica claro até este momento que os determinantes para a segurança alimentar no país são bastante discutidos e estudados, contudo, tecnologias contribuem para o avanço em relação ao tema. Silva e Silva (2019) fizeram um mapeamento das tecnologias, através da patentometria, relacionadas à indústria alimentícia envolvidas na utilização de ozônio, agente

principal de descontaminação, como forma de conservação de alimentos para a distribuição de gêneros alimentícios seguros. Este estudo promoveu entre muitos aspectos o fortalecimento da aproximação das empresas com a sociedade pela transferência de tecnologia.

Silva e Silva (2019) relatam que nos últimos dezoito anos foram publicados 333 artigos na base de dados Scopus, todos em revistas ligadas ao setor alimentício, esse número aumentou ao longo dos anos devido a necessidade da distribuição de alimentos seguros. Até a presente pesquisa, o Brasil apresenta 22 patentes registradas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), demonstrando que as tecnologias com utilização de ozônio são promissoras.

Costa, Júnior e Souza (2019) realizaram um levantamento bibliográfico abordando as tecnologias de embalagens inteligentes produzidas para a conservação do pescado. Este tipo de embalagem monitora as propriedades dos alimentos embalados durante o transporte e vida de prateleira e podem compostos por rótulos, etiquetas ou filmes, evitando a deterioração física, química e microbiológica.

São citadas por Costa, Sales Júnior e Souza (2019) tecnologias como a embalagem em atmosfera modificada em pescado, a embalagem ativa em pescado e a embalagem inteligente. Os autores salientam que se deve enfatizar que estudos ainda são necessários, a fim de comprovar a segurança dos produtos, apresentando

características mais próximas do natural do alimento e com menor custo.

Alves (2019) afirma que o ambiente escolar pode contribuir para a divulgação de atitudes promotoras de saúde e sugere a utilização de tecnologia alternativa, o uso do fogão solar na escola. A tecnologia social proposta é uma alternativa à cocção de alimentos, faz uso da energia solar, não apresentando danos ecológicos e oferecendo autonomia à comunidade.

Através desta alternativa, a construção de hábitos alimentares mais saudáveis são estimulados, a construção do fogão solar apresenta possibilidades para professores de diferentes disciplinas, promovendo a interdisciplinaridade

dentro do ambiente escolar, integrando responsabilidade ambiental e social.

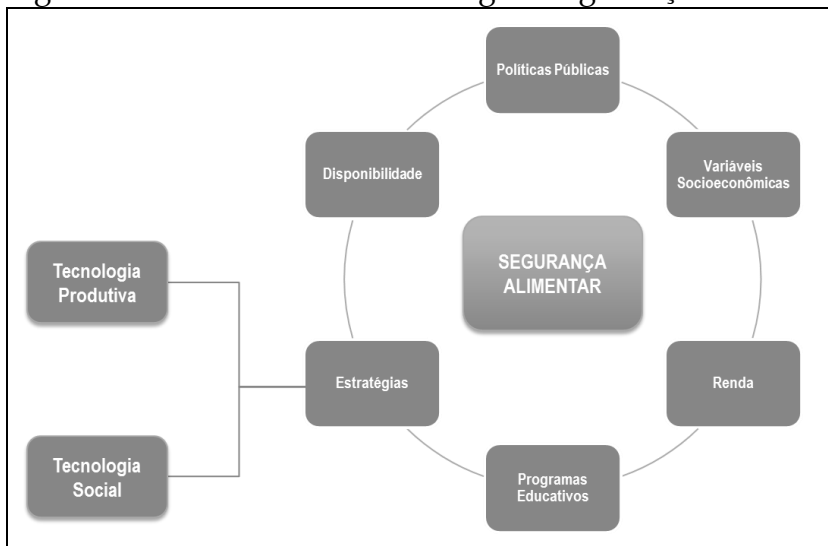
Gomes, Toledo e Gomes (2018), através do “Sisteminha Embrapa”, tecnologia produtiva para difusão do sistema integrado de produção de alimentos para a agricultura familiar e realizado em módulos, dependendo das características da região e propriedade. Esta tecnologia social objetiva a segurança alimentar, apropriada para agricultores familiares, de forma facilitada e a baixo custo, através da capacitação de técnicos e produtores multiplicadores com o intuito de implantar e conduzir a tecnologia.

Gomes, Toledo e Gomes (2018) integraram a produção animal e vegetal de uma propriedade, com objetivo de crescimento da produção

influenciando diretamente o abastecimento familiar além do aumento da segurança alimentar da família, da sustentabilidade e do agro ecossistema.

Internacionalmente, Bandeira (2019) descreve como a segurança alimentar de pescados é garantida em um grande distribuidor do mercado retalhista. Através do Codex Alimentarius, código que estabelece normas e diretrizes de boas práticas a fim de promover a segurança alimentar através da utilização do sistema que avalia e controla perigos que são significativos para os gêneros alimentícios. Baseado em cada empresa, esse sistema mostra uma abordagem sistemática, documentada e verificável de rastreabilidade.

Figura 3. Determinantes e tecnologias: segurança alimentar



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao observar a figura 3 é possível notar que a segurança alimentar é dependente de seis determinantes, políticas públicas, variáveis socioeconômicas, renda, programas educativos, estratégias e disponibilidade. É visível que a segurança alimentar é garantida pelos fatores

citados, a ausência de um dos determinantes acarreta a insegurança alimentar. As estratégias para o acesso das tecnologias podem ser tanto produtivas, por meio de atividades baseadas na pesquisa científica para a produção de bens ou serviços que possam ser levados à sociedade, como tecnologias sociais, através programas governamentais ou não, em escolas e comunidades para garantia da promoção social da segurança alimentar.

É fato, nesta pesquisa, que muito do conteúdo produzido cientificamente no Brasil sobre a segurança alimentar, focaliza principalmente a questão social através da criação ou melhoria de políticas públicas ou ainda na avaliação da situação atual, enquanto pouco das

tecnologias para assegurar a segurança alimentar são relatadas. Também é importante dizer que isto não implica em desconhecimento ao tema, através de tecnologias já aplicadas e nossa evolução ao longo do tempo quanto ao conhecimento do tema, é possível criar tecnologia em função da segurança alimentar, para ir além do caráter exploratório, para agir.

CONCLUSÃO

O acesso a alimentos seguros e saudáveis no planeta ainda é um grande problema enfrentado por muitas populações de diversos países. Mesmo a segurança alimentar sendo definida como um direito a qual deve assegurar à população, o seu acesso permanente e intransferível, a desigualdade social e falta de políticas públicas para populações

com menor poder aquisitivo levam ao acesso a alimentos considerados como sobras. A busca por consumo de alimentos mais saudáveis está se tornando mais comum, um dos fatores que levam a população a essa busca é pelo aumento de números de doenças diretamente causadas pela má alimentação. A segurança alimentar tem como benefícios; aumento da expectativa de vida, agregar valor a produtos produzidos dentro das normas de segurança e redução do desperdício de alimentos, alguns fatores esses que estão ligados ao direito das pessoas de acesso a uma alimentação adequada e saudável.

A região amazônica possui uma grande diversidade de frutos e sementes, e que podem ser consumidos, muitos deles são a base alimentar de

diversas populações ribeirinhas os quais usam do extrativismo a sua fonte de renda e acesso a alimentos disponibilizados pela natureza. Conforme Sereno et al. (2017) o incentivo para o consumo de alimentos regionais deve fazer parte de políticas nacionais, pois o Brasil é um país com vasta diversidade biológica. A importância e a garantia a segurança alimentar na região amazônica, podem ser garantidas através de pesquisas e estudos dos valores nutricionais dos produtos oriundos das regiões, os resultados dessas pesquisas devem estar disponíveis para toda a população, os quais muitas vezes não sabem os reais benefícios dos alimentos encontrados na região, agregando valor aos alimentos, incentivando também a exploração de maneira sustentável através dos agricultores rurais.

REFERÊNCIAS

ALVES, Erica Costa. **Tecnologia social na escola: alimentação saudável e uso do fogão solar.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

ARAÚJO, Fábio Resende de. **Projeto café do trabalhador como promotor de segurança alimentar e nutricional: avaliação da eficácia da unidade Natal-RN.** Dissertação (Mestrado em Políticas e Gestão Públicas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

BANDEIRA, D. F. **Qualidade e segurança alimentar do pescado num grande distribuidor do mercado retalhista.** Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade do Porto, Porto, 2019.

CAMELO, R. de Sousa; TAVARES, P. A.; SAIANI, C. C. S. Alimentação, nutrição e saúde em programas de transferência de renda: evidências para o Programa Bolsa Família. **Economia Selecta**, Brasília, v. 10, n. 4, p. 685–713, dez. 2009.

CARVALHO, Sónia Daniela Oliveira. **Análise de perigos e riscos e implementação de medidas de controle durante a produção industrial de uma salada (alface, canónigos, cenoura e couve-roxa) minimamente processada.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar). Universidade Católica Portuguesa, Porto, 2012.

COSTA, C. G. A. **Segurança alimentar e nutricional: significados e apropriações.** Dissertação (Mestrado em Serviços de Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

COSTA, Ellen Anjos Camilo da. **Alimentação e rede urbana na Amazônia brasileira: um estudo das transformações e permanências nos hábitos alimentares de idosas nas cidades de Tefé, Alvarães e Uarini, Amazonas.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

COSTA, L. V. et al. Fatores associados à segurança alimentar nos domicílios brasileiros em 2009. **Economia e Sociedade**, v. 23, n. 2, p. 373-394, 2014.

COSTA, M. G. A.; SALES JÚNIOR, R. A.; SOUZA, A. O. V. Tecnologias de embalagens no pescado: aplicações e tendências. **PUBVET**, v. 13, n. 5, p. 1-8-, mai. 2019.

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a333.1-8>

COSTA, S. R.; GARCIA, C. R. G.; BRITO, C. R. L. Detecção de *Staphylococcus aureus* nas mãos e narinas de manipuladores de alimentos e avaliação das condições higiênicas das cozinhas, em escolas estaduais no município de Campo Grande-MS. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 6, n. 2, p. 49-56, 2002.

CRUZ, A.; TEIXEIRA, A. S. **Sistemas de gestão da segurança alimentar**. Lisboa: Ministério da Segurança Social e do Trabalho, 2005.

DAN-BAKI, A. A. et al. household vulnerability on food security in Niger. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v. 8, n. 1, p. 34-41, 2019. <https://doi.org/10.15640/jaes.v8n1a4>.

DEVEREUX, S. *et al.* Graduating from food insecurity: evidence from graduation projects in Burundi and Rwanda. **Food Security**, v. 11, n. 1, p.

219-232, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00887-1>.

ECKHARDT, C. M.; BOSCO, S. M. dal. Fissura transforame incisivo unilateral direita-relato de caso. In: **Anais do VI Salão de Iniciação Científica da Nutrição**. Lajeado: Editora Univates, 2014. p. 13 - 110.

GOMES, J. F. B.; TOLEDO, M. M.; GOMES, R. S. B. O “Sisteminha Embrapa” e a rentabilidade, resiliência e sustentabilidade de agroecossistemas familiares: estudo de caso no território da cidadania dos Cocais, Estado do Maranhão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, n. 3, p. 405-425, 2019.

KINDA, S. R.; BADOLO, F. Does rainfall variability matter for food security in developing countries? **Cogent Economics & Finance**, p. 1-16, 2019. <https://10.1080/23322039.2019.1640098>.

LAM, S. et al. Community-based monitoring of Indigenous food security in a changing climate: global trends and future directions. **Environmental Research Letters**, v. 14,

n. 7, p. 1-15, 2019. DOI
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab13e4>

LEWIS, Dallin. Propheying the present: Shelley's critique of Malthus in a defense of poetry. **European Romantic Review**, v. 25, n. 5, p. 575-590, 2014.

<https://doi.org/10.1080/10509585.2014.938228>.

MALUF, R. S. Segurança alimentar e desenvolvimento econômico na América Latina: o caso do Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 15, n. 57, 134-140, jan./mar. 1995.

MITSUE, Sandra Cristina. **Perfil sócio-econômico e ambiental de doadoras de um banco de leite humano no Vale do Paraíba, SP e a qualidade sanitária do leite ordenhado**. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade de Taubaté, Taubaté, 2010.

MOTA, L. M. **Espaço social alimentar: o programa Mesa Brasil Sesc Goiás**. Dissertação (Mestrado em Sociologia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

OLIVEIRA, E. de S. **Desenvolvimento local e segurança alimentar e nutricional no programa**

nacional de alimentação escolar: um método de análise. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

OLIVEIRA, L. D. S. **Modelo de segurança alimentar e nutricional e seus determinantes socioeconômicos e comportamentais:** modelagem de equações estruturais. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

OLIVEIRA, L. D. S.; LIMA FILHO, D. O. Modelo de segurança alimentar e nutricional e seus determinantes socioeconômicos e comportamentais. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 16, n. 59, jul. 2011. <http://dx.doi.org/10.12660/cgpc.v16n59.3731>

PIETROWSKI, Giovanna de Arruda Moura. **Avaliação do perfil do profissional que atua no monitoramento do sistema HACCP:** estudo de caso em empresa de refeições coletivas no Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PRADEEPKIRAN, Jangampali Adi. Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. **Translational Animal Science**, v. 3, n. 2, p. 903-910, 2019. <https://doi.org/10.1093/tas/txz012>

RÉ, L. C.; FREIBERGER, J. A.; KNOB, A. Incidência da bactéria *Staphylococcus aureus* na mucosa nasal e em mãos de manipuladores de alimentos em uma creche no município de Guarapuava (PR) Incidence of *Staphylococcus aureus* colonizing the nasal mucosa and the hands of food. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 381-393, 2013. DOI:10.5777/ambiencia.2013.02.12

RODRIGUES, Susana Eugênia de Velasco. **Verificação do cumprimento dos requisitos legais de segurança dos gêneros alimentícios disponíveis nas superfícies comerciais em Portugal Lisboa**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 2009.

SACCOL, A. L. F. *et al.* Importância de treinamento de manipuladores em boas práticas. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 7, n. 1, p. 91-99, 2016.

SACCOL, Ana Lucia de Freitas. **Sistematização de ferramenta de apoio para boas práticas em serviços de alimentação**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTTAMINI, I. F. **A segurança alimentar e nutricional no Brasil: análise das propostas políticas do CONSEA de 2004 a 2007**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.

SERENO, A. B. et al. Cultivo do maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no litoral do Paraná e sua contextualização com a segurança alimentar e nutricional. **Divers@!**. v. 10, n. 2, p. 123-132, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/diver.v10i2.58070>

SILVA, C. R. R.; SILVA, P. C. C. Mapeamento das tecnologias relacionadas com a utilização do ozônio em alimentos. **Revista Geama**, v. 5, n. 1, p. 14-20, abr. 2019.

SIMAS, Juliana Pereira. **Biocombustíveis e produção de alimentos:** uma análise das controvérsias científicas e sociais. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SOUZA, M. S. de; MEDEIROS, L. B.; SACCOL, A. L. F. Implantação das boas práticas em uma unidade de alimentação e nutrição (UAN) na cidade de Santa Maria (RS). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 2, p. 208, 2013.

UGBEM, C. E. Climate change and insecurity in Northern Nigeria. **International Journal of Innovative Social Sciences & Humanities Research**, v. 7, p. 10-20, apr./jun. 2019.

Capítulo 8

PROCESSO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Lucyanna Moura Coelho

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: lucyannacoelho@outlook.com

Manuela Farias Castro

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: manuela.castro@ifam.edu.br

Rodrigo Monteiro da Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: rodrigomsbrasil@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são um verdadeiro desafio à humanidade (NTAGISANIMANA; YU; MA, 2021; CHAVES; SIMAN; SENA, 2020; GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT; BATISTA, 2020; SOTAMENOU; JAEGER; ROUSSEAU, 2019; ZAFAR, 2018; LEMOS et al., 2018). O desequilíbrio é provocado pela grande quantidade de produtos que são descartados e a menor quantidade desses descartes que são reaproveitados, reciclados ou reutilizados. A conta não tem fechado. Além disso, acrescenta-se o agravante de que o estoque de recursos naturais não renováveis diminui a cada ano. Esse cenário permite concluir, com preocupação, que se a tendência continuar em um futuro mais próximo ou prolongado não haverá matéria-prima no planeta. Isso não é uma questão

de querer ou não querer, aceitar ou não aceitar, crer ou não crer. É apenas uma inferência matemática.

Para que essa realidade possa começar a ser revertida, é necessário que saiba como lidar com os resíduos sólidos. O conhecimento, portanto, sobre o processo de gestão desses recursos é fundamental até para que se possa perceber que eles não são lixos simplesmente, mas bens monetariamente qualificados que estão sendo jogados fora no lixo. Neste sentido, este estudo teve como objetivo mostrar as diferentes etapas que compõem o processo de gestão de resíduos sólidos. Neste intuito, primeiro é mostrado o estado da arte sobre os resíduos sólidos, explicando com profundidade os termos de

equivalência e atributos mais mencionados na literatura científica. Em seguida, cada etapa do processo de gestão desses recursos é apresentada e descrito o seu funcionamento. A conclusão mostra que o processo de gestão tem o desafio de provocar a mudança de mentalidade para transformar o lixo em riqueza.

RESÍDUOS SÓLIDOS: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

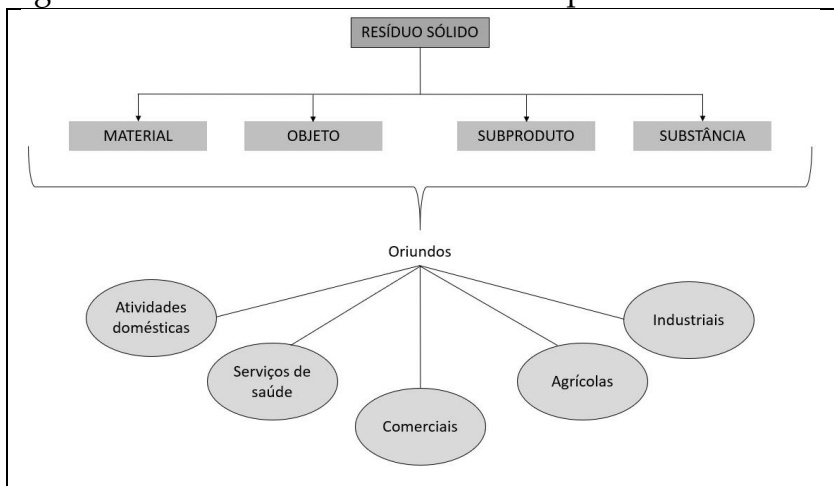
O resíduo sólido pode ser definido como material sólido que resulta das mais variadas atividades humanas (HOGAN et al., 2000; PICHTEL, 2005; IBAMA, 2007). Pinto (1979) considera que todo lixo é resultante das aglomerações humanas. Para Philippi Júnior (1999) o termo estabelece qualquer mistura de

materiais ou restos destes oriundos das mais diversas atividades, que esteja no estado sólido, admitindo-se alguns destes materiais a sua natureza semissólida, diferente da terminologia do lixo que representa todos os outros estados da matéria.

Para Campos et al. (2013) os resíduos sólidos são materiais heterogêneos (inertes, não inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados, gerando entre outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais. Ressalta-se também a proveniência das atividades sociais humanas, evidenciando que tais atividades produtivas poluentes geram rejeitos nocivos ao meio

ambiente. Afirma-se ainda que esses resíduos representam perda de insumos e matérias-primas (FREIRE et al., 2000). Por fim, Boscov (2008) alega que são resíduos de caráter domésticos, de pequenas indústrias ou do comércio, gerando uma controvérsia de que a totalidade das grandes indústrias possui gerenciamento eficaz de resíduos sólidos.

Figura 1. Resíduos sólidos: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme mostra a Figura 1, resíduo sólido pode ser definido como material, substância, objeto ou subproduto oriundo de atividades domésticas, de serviços de saúde, comerciais, agrícolas, industriais, incluindo aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras (BRASIL, 2010). Para as definições de resíduo sólido, autores se utilizam de termos sinônimos como objeto e substância, sendo que ambos são subtendidos com o termo material, como conjunto de massa ou matéria. Porém quando se trata de subproduto caracteriza-o como material resultante de um processo fabril qualquer. Destacando-se então o termo material resultante, salientando a diferença com o termo lixo. É sabido que lixo é todo aquele material sem nenhuma possibilidade de reciclagem ou

reutilização, que deve ser encaminhado aos aterros sanitários, e os resíduos sólidos é todo material sólido resultante das atividades diárias do homem em sociedade, que pode ser reutilizado ou reciclado, porém isso só é possível se o resíduo for selecionado na fonte geradora, o que evita a contaminação destes materiais, aumentando o seu valor agregado (CAVALCANTE et al., 2012).

A classificação desses resíduos envolve a identificação do processo ou atividade do qual foi originado e das características e seus constituintes podendo ser perigosos e não perigosos. Além dessa classificação, adotada pela NBR 10004/04, os resíduos sólidos urbanos podem ser classificados segundo a natureza ou origem, agrupados em cinco classes: Doméstico ou residencial, comercial,

público, domiciliar especial e fontes especiais (SCREMIN, 2007).

O resíduo sólido possui uma série de classificação com relação fonte produtora. O domiciliar trata-se daquele proveniente das atividades domésticas em residências urbanas (BRASIL, 2010), do consumo cotidiano e, portanto, considerado como banal, constituído comumente de matéria orgânica, embalagens, papéis e vidros. De acordo com Mota (2000), é também conhecido como residencial; sendo caracterizado pela grande quantidade de matéria orgânica constituída de restos de alimentos, cascas de frutas, verduras e outros rejeitos putrescíveis, além de papel higiênico, fraldas descartáveis, materiais de

varredura, plásticos, vidros, latas e embalagens em geral.

Para Franceschi (2016), os resíduos de serviços de saúde são aqueles produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins que podem representar um grande risco de contaminação ambiental e trazer agravos à saúde humana. Por isso, seu correto manejo, tratamento e disposição final são fatores de grande relevância. Segundo Schneider et al. (2001), uma pequena parcela da totalidade de resíduos sólidos gerados no meio urbano, cerca de 1%, oferecem um preocupante risco sanitário e ambiental perante um gerenciamento inadequado.

Isto porque são possíveis fontes de propagação de doenças, que podem contribuir para o aumento da incidência de infecção hospitalar, além de apresentarem um risco ocupacional intra e extra estabelecimento de saúde.

Como próximo item na classificação de resíduos se destaca o comercial que é caracterizado conforme os tipos de estabelecimentos comerciais, bem como o porte do empreendimento. Phillippi Júnior (1999) salienta que os resíduos comerciais são aqueles gerados em estabelecimentos de comércio e que prestam serviços, tais como mercados, lojas, restaurantes, dentre outros. Esses resíduos possuem características qualitativas similares àquelas dos resíduos domésticos, composto principalmente por matéria orgânica e

materiais recicláveis. Sendo necessária a identificação da sua tipologia para a sua propícia manipulação.

Temos também a ocorrência de resíduos sólidos agrícolas que segundo Lavin (2012) são os resíduos gerados em atividades de horticultura, pecuária e silvo-agrícola. Pereira, Franco e Castilhos Júnior (2014) afirmam que são os resíduos sólidos encontrados na agricultura e que também podem ser chamados de resíduo agrossilvopastoris que caracteriza todos os resíduos sólidos gerados nas atividades agrícola, pecuária e silviculturais, incluindo desde os insumos utilizados nestas atividades (embalagens de adubos, defensivos agrícola, ração), até restos de colheita e esterco animal, dentre vários.

E por último verifica-se a geração dos resíduos sólidos industriais que por seu aspecto complexo, necessita de um planejamento estratégico das próprias indústrias. De acordo com a Resolução Conama nº 313/2002, Resíduo Sólido Industrial é todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre no estado sólido, semissólido, gasoso (quando contido) e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto, em corpos d'água, ou exijam para isso soluções, técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Michelotti e Wolff (2009) frisam a grande variação deste tipo de resíduo, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel,

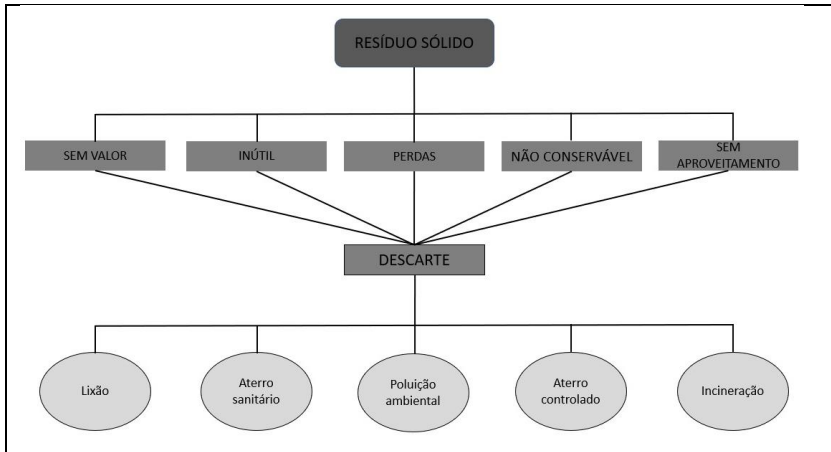
madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros, cerâmicas.

RESÍDUOS SÓLIDOS: ATRIBUTOS

A visão de resíduo sólido de Pinto (1979) é a de que não possua valor ou utilidade, sendo a mesma linha de pensamento de Philippi Júnior (1999), que considera como materiais que são descartados por não apresentarem utilidade quanto ao uso previsto. Material cujo produtor ou proprietário não o considere com valor suficiente para conservá-lo. Na prática, faz sentido quando não se tem proveito na atividade produtiva sendo necessário o seu descarte (GANDELINI, 2002). Freire et. al., (2000) diz que certos resíduos representam perda de insumos e matérias primas, já Pichtel (2005) denota que por possuírem valores

econômicos negativos, o descarte torna-se mais barato do que seu uso. Deduz-se o iminente prejuízo à empresa que o rejeita, do mesmo modo que afeta ao meio ambiente. Deve-se ter preocupação nos despejos em relação ao meio, assim como ao rendimento das indústrias. Neste contexto destaca-se Boscov (2008) que descreve as diversas alternativas que se dá a este resíduo produzido, como disposição em aterro controlado, em aterro sanitário, compostagem, incineração e lixão, destaca-se cada vez mais, a reciclagem. A reciclagem tanto visa à preservação do meio ambiente, como fornece meios de faturamentos para quem faz parte deste processo, como mostra a figura 2.

Figura 2. Resíduos sólidos: atributos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Afirma-se então que o resíduo sólido apresenta natureza descartável por várias situações, ressaltando principalmente a sua falta de utilidade no processo produtivo, considerando as perdas de produtividades e de rentabilidade que tais materiais, agora desprezados podem aos seus geradores destes materiais. Além de considerar sem valor econômico, onde não pode ser reaproveitável para o próprio processo

industrial, não existindo a possibilidade de conservá-lo tanto no seu local de produção como também em locais adequados para preliminar armazenagem. Este paradigma também é válido para gerações de resíduos de outras atividades humanas: doméstica, hospitalar, comercial, de serviços etc.

O descarte pode ocorrer de inúmeras formas, a mais imprudente delas é a feita em qualquer local, independentemente de ser urbano ou natural. Mero comportamento caracteriza a poluição ambiental que, segundo Hempe e Nogueira (2012) pode ser definida como a ação de contaminar as águas, solos e ar. Tem ocorrido com a liberação no meio ambiente de lixo orgânico, industrial, gases poluentes, objetos materiais,

elementos químicos, entre outros, o que tem prejudicado o funcionamento dos ecossistemas, até matado várias espécies animais e vegetais. O homem também é prejudicado com este tipo de ação, pois depende muito dos recursos hídricos, do ar e do solo para sobreviver com qualidade de vida e saúde. Tal definição não abrange apenas resíduos sólidos como também outras formas de materiais com caráter poluente. Entretanto existem outros destinos para o resíduo sólido que se constata a seguir.

No entanto as autoridades, por meio de regulamentações e leis socioambientais, devem se submeter à implantação de locais apropriados para a disposição destes resíduos. No mundo inteiro, com algumas exceções, os aterros

sanitários representam a principal destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Neste sentido, vem-se buscando novas técnicas para aprimorar a disposição e o tratamento destes resíduos. As técnicas de tratamento estão cada vez mais interligadas a aspectos geotécnicos e biotecnológicos (BOSCOV, 2008). Para Leite (2000) a principal finalidade do uso do aterro é a de minimizar os impactos ambientais, diminuindo também os riscos à saúde e a segurança. Onde referidas técnicas se baseiam em princípios de engenharia para confinamentos destes materiais em menor área e volumes possíveis, a fim de aperfeiçoar os espaços empenhados.

De certo lembrar que os aterros sanitários são locais planejados com técnicas pertinentes para

o processamento do resíduo sólido, aparelhado com sistemas de impermeabilização das camadas de resíduos bem como drenagem e tratamento do chorume, além da captação e queima de gases como o metano. Já os aterros controlados não dispõem de tais recursos, sendo que os resíduos apenas recebem uma camada de solo a cada depósito. Conforme Araújo et al. (2014), aterro controlado pode ser definido como uma forma de se confinar tecnicamente o lixo coletado sem poluir o ambiente externo, porém, não promove a coleta e o tratamento do chorume e do biogás. Deveras, aterro controlado, sendo uma categoria intermédia entre o lixão e o aterro sanitários, é o sistema mais utilizado na atualidade, exatamente por falta de recursos, projetos, profissionais habilitados e responsabilidades dos governantes.

Por fim, ainda existe alternativa para operar nossos resíduos que é a incineração, na qual cogita como solução para problemas relacionados com a destinação final dos resíduos, principalmente gerados em regiões metropolitanas conforme Lima (1994). A incineração de resíduos sólidos é o processo de oxidação à alta temperatura que destrói ou reduz o volume ou recupera materiais ou substâncias (ABNT, 1990). Sua notável vantagem é a redução de volume obtida, onde as áreas planejadas para instalação de aterros é significativamente reduzida.

Contudo deve-se pensar na possibilidade de reduzir a massa de resíduos sólidos destinados a aterros a fim de minimizar a dependência para esses tipos de instalações. A reutilização ou

reciclagem de materiais mostra-se uma alternativa relevante, pois serão úteis novamente na sociedade e, ao mesmo tempo, reduzem os impactos negativos. Lima (2001) relata que a “Reciclagem” é um processo através do qual qualquer produto ou material que tenha servido para o propósito a que se destina e que tenha separado do lixo, é reintroduzido no processo produtivo e transformado em um novo produto.

Outra central ideia deste texto é de aprofundar nossos estudos no sistema de gestão dos resíduos sólidos. Composto por várias etapas associadas que visam melhorar ações voltadas para o manejo destes materiais, minimizando os impactos ambientais e protegendo o bem-estar da comunidade. Modernamente entende-se que a

gestão dos resíduos sólidos passa por diversos pilares estruturantes que constituem uma política integrada, baseada na redução na fonte, na reutilização de resíduos, na reciclagem, na transformação dos resíduos e a deposição em aterros (CRUZ; FERNANDES; MARTINS, 2017).

Tange como alternativa eficaz aos problemas encontrados em relação à gestão dos resíduos sólidos, a operacionalização, educação ambiental e o gerenciamento destes resíduos. Todos relacionado à elaboração de um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos em todos os setores das atividades, até dos domiciliares por meio de associação de moradores que viabilizará a responsabilidade de cada classe em respeito a destinação dos resíduos sólidos. É preciso que se

intensifiquem programas de educação ambiental, pois a falta de sensibilidade e conscientização ambiental na execução de políticas de gerenciamento de resíduos, bem como o desconhecimento do valor agregado a esse nicho dificultam o desenvolvimento sustentável trazido pelo gerenciamento dos resíduos sólidos. Temos que refletir sobre o adequado descarte dos resíduos, através das coletas seletivas para dar ensejo à reciclagem que é muito relevante para a sociedade podendo gerar empregos associados a esta atividade. E por fim, diminuir o consumo de embalagens ou até passar a exigir usos daquelas que são biodegradáveis.

PROCESSO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos tem como intuito principal a minimização de impactos causados pela destinação inadequada destes. “O objetivo da gestão sustentável de resíduos é lidar com o lixo da sociedade de forma ambientalmente eficiente, economicamente viável e socialmente aceitável” (SILVA et al., 2015, p. 3-4). Para isto, a literatura apresenta etapas adequadas de gestão como solução para reduzir os vários impactos ambientais decorrentes das diferentes formas de descarte podendo oferecer, também, riscos à saúde humana.

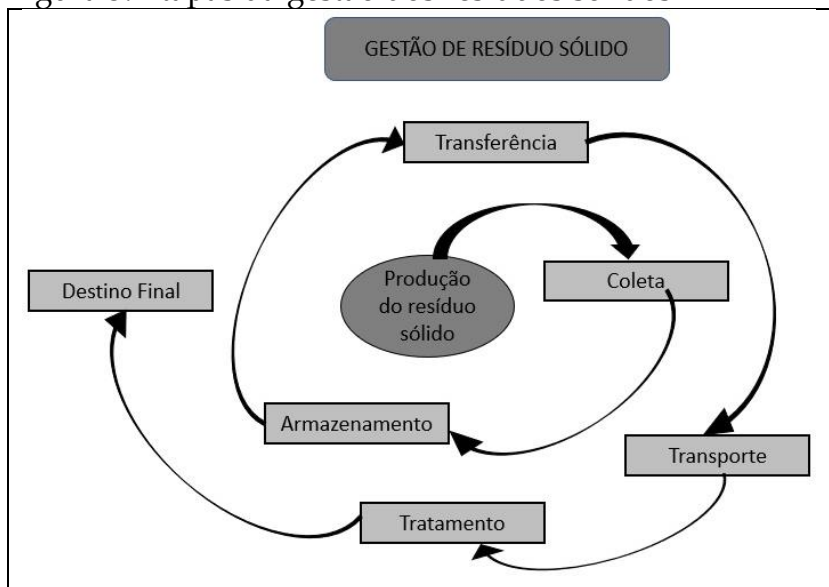
De acordo com Costa e Fonseca (2009), as etapas do gerenciamento têm como finalidade evitar impactos ao meio ambiente, logo devem ser

realizadas com base em uma percepção ambiental bem estruturada, e de forma sistêmica. Essas etapas são interdependentes e se realizadas com sucesso, o processo terá êxito e as alterações ambientais poderão ser controladas ou inexistentes. Para Cruz, Fernandes e Martins (2017), a gestão de resíduos sólidos pode ser subdividida em produção, recolha, armazenamento, controle, transferência e transporte, processamento, tratamento e destino final dos resíduos sólidos, de acordo com os melhores princípios de preservação da saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos, estética e outros princípios ambientais.

Já FUNASA (2014) afirma que a gestão dos resíduos sólidos se distribui em coleta /

transporte, destinação final e disposição final. Tchobanoglous et al (1977) afirmam que as atividades gerenciais ligadas aos resíduos sólidos podem ser agrupadas em seis elementos funcionais: geração, acondicionamento, coleta, estação de transferência ou transbordo, processamento e recuperação, e disposição final. Para Zanta e Ferreira (2003), o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve ser integrado, ou seja, com os tratamentos reciclagem, compostagem, combustão interconectados com a prevenção dos resíduos e a deposição em aterros sanitários, interagindo entre si tornando-se um processo só, como na figura 3.

Figura 3: Etapas da gestão dos resíduos sólidos



Fonte: elaborado pelos autores.

Segundo Puna e Baptista (2008), o sistema de gestão de resíduos sólidos atua em duas fases importantes: a primeira é a coleta e a segunda é o tratamento seguido da deposição final. Ferraz (2008) diz que para uma boa compreensão do funcionamento de um sistema de gerenciamento

de resíduos sólidos, é necessário visualizar e entender todas as etapas do sistema com as quais esse sistema deverá interagir. Este entendimento se inicia pela dimensão estratégica, com a elaboração de políticas de educação ambiental, inclusão social dos catadores por meio de cooperativas, ações de planejamento, capacitação, entre outras. A segunda etapa está relacionada aos sistemas de coleta e transporte dos resíduos; a terceira etapa está ligada à triagem e processamento e, por fim, a última etapa do SGRSU compreende ações de tratamento, destinação e disposição final.

Embora as etapas de gestão dos resíduos sejam benquistas, devemos encará-las como solução paliativa para países menos

desenvolvidos. O esquema da figura 3 demonstra esse curso, transmitindo a ideia involuntária de fluxo terminal e padronizado. Na verdade existe uma circularidade neste conceito de fluidez, onde para cada etapa possa existir uma ação de reuso e principalmente de reciclagem.

Etapa 1: Produção

A produção de resíduos sólidos é característica da própria civilização, mas esse processo se intensificou na sociedade contemporânea, mantendo estreita relação com o aumento da população, sua concentração nos centros urbanos, seu modo de vida (consumista) e as atividades econômicas. Lopes (2007) enfatiza que a crescente produção dos resíduos sólidos pode ser considerada um resultado do atual

padrão de produção e consumo, do comportamento dos consumidores, da falta de educação ambiental, combinado com o crescimento acelerado da população mundial e do seu poder aquisitivo.

Tais impactos são avaliados por Wang, Richardson e Roddick (1997), quando afirmam que o problema de contaminação causado pela produção de resíduos sólidos é um acontecimento mundial, sendo considerados altamente impactantes por produzirem gás metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC), entre outras substâncias tóxicas. Lima (1995), por exemplo, considera que todos os efluentes gasosos e particulados emitidos para a atmosfera,

oriundos das diversas atividades do homem podem ser considerados lixo.

Etapa 2: Recolha / Coleta

Coletar nada mais é que recolher e transportar os resíduos e encaminhá-los a uma usina de triagem ou a seu destino final (aterro sanitário). O foco da coleta de lixo é evitar problemas de saúde e melhorar a qualidade de vida, porém, sem uma coleta eficiente, participação da população, equipamentos apropriados e planejamento, não são possíveis. De acordo com Monteiro et al. (2001), a coleta é caracterizada por ser a ação de recolher o lixo acondicionado por quem o produz, sendo encaminhado por meio de um transporte

adequado a uma estação de transbordo ou a uma instalação de tratamento ou a um aterro sanitário.

A coleta de resíduos sólidos atua nas seguintes vertentes: coleta seletiva de matéria orgânica, coleta especializada, coleta indiferenciada, coleta seletiva de materiais recicláveis, centros ou pontos específicos para coleta (PUNA; BAPTISTA, 2008). Segundo Souza (2009), a coleta de resíduos sólidos é uma atividade classificada como uma das mais arriscadas e insalubres existentes, por contato frequente dos lixeiros com agentes nocivos à saúde e com sua exposição a diferentes situações de risco, além de sofrer diferentes violências emocionais e psíquicas, no decorrer do seu trabalho e fora dele.

As características mais importantes da coleta é a sua regularidade e o tempo que não deve ser superior a três dias até a disposição final. A escolha das rotas de coleta, frequências e tipos de veículos influenciam diretamente as etapas posteriores de gerenciamento (FUNASA, 2014). Todo o processo deve ser realizado nos mesmos dias da semana e nos mesmos horários, desta forma a comunidade cria o hábito de depositar seus resíduos no local e momento corretos. Deve-se levar em consideração o volume máximo armazenado para então se determinar a regularidade ideal de coleta. O horário para coleta também é importante e pode gerar uma redução significativa nos custos. Deve-se fazer a coleta em dois turnos, cada um representando 1/4 do total de percurso, onde a coleta em áreas residências deve ser realizada no

período diurno. Se necessária coleta noturna, deve-se levar em consideração os ruídos causados pelas vozes dos coletores de lixo e do motor (RODRIGUES; SPOTI, 2018).

A coleta denominada regular ou convencional (resíduos misturados) é realizada, em geral, no sistema de porta em porta ou, ainda, em áreas de difícil acesso, por meio de pontos de coleta. A coleta seletiva, por exemplo, pode ser realizada de porta em porta com veículos coletores apropriados ou por meio de Postos de Entrega Voluntária (PEVs) dos materiais segregados (ZANTA; FERREIRA, 2003), sendo coletados em dias específicos. A separação dos resíduos orgânicos dos potencialmente recicláveis na fonte geradora é fundamental para a coleta seletiva, pois

evita a perda de qualidade dos recicláveis. Desta forma, melhora as condições de trabalho dos catadores, viabilizando as etapas posteriores da reciclagem (GALBIATI, 2001) como, por exemplo, a recuperação, a revalorização e a transformação (GONÇALVES, 2003).

Etapa 3: Armazenamento

O acondicionamento significa preparar os resíduos de forma sanitária adequada e compatível com o tipo, qualidade e a quantidade, visando a coleta, levando em conta o local, dia, horários, sendo essencial a colaboração da população, uma vez que garante a qualidade da operação de coleta, transporte e armazenamento (MONTEIRO et al., 2001; ZANTA; FERREIRA, 2003; FEAM, 2012a). O acondicionamento

adequado evita acidentes e também a proliferação de vetores (insetos e ratos), minimizando o impacto visual e olfativo, reduzindo a heterogeneidade dos resíduos e evitando que animais espalhem os resíduos (MONTEIRO et al., 2001; FEAM, 2012a).

Etapa 4: Transferência

As estações de transferência desempenham importante papel na gestão de resíduos sólidos, devido ao crescimento das cidades e as longas distâncias dos locais de disposição final de resíduos, em relação ao centro urbano (COSTA, 2005), o que se justifica também pelas exigências ambientais e pela resistência da população em aceitar qualquer atividade ligada às etapas dos resíduos sólidos próximo às suas residências

(MONTEIRO et al., 2001). As estações de transferência realizam a troca dos pequenos caminhões carregados com resíduos para os de maior porte.

Sendo assim, o menor custo unitário contribui com a redução do tempo improdutivo da guarnição de trabalhadores parados à espera do retorno dos veículos, além da redução do custo de transporte, aumento da produtividade dos caminhões de coleta, que são veículos especiais e caros (MONTEIRO et al., 2001). Segundo Tchobanoglous et al. (1993), a estação de transferência deve ser planejada de forma integrada, com as demais etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Pereira, Franco e Castilhos Júnior (2013) propõem que a viabilidade

de implantação depende de dados que possibilitem a avaliação econômica de redução do custo com o transporte e do gasto com a construção e, conseqüentemente, com a manutenção da estação de transferência.

Etapa 5: Transporte

O transporte abrange todos os tipos de veículos na operação de resíduos sólidos, com base no seu ponto de geração, passando pela estação de transferência ou instalações de tratamento, até a disposição final (ONU, 2009). Entre os tipos de veículos mais utilizados estão os caminhões compactadores, caminhões basculantes, caminhões com carroceria de madeira aberta, veículos utilitários de médio porte, caminhões-baú e carroças (ZANTA; FERREIRA, 2003).

O tamanho da frota de veículos coletores utilizados para o transporte depende das características qualitativas e quantitativas dos resíduos a serem coletados e da área de coleta. Além disso, leva em conta outras características como o tipo de sistema viário, pavimentação, topografia, iluminação entre outras (ZANTA; FERREIRA, 2003). Uma boa viatura de coleta de resíduos domiciliar deve possuir as seguintes características: não permitir o derramamento do lixo ou do chorume na via pública, apresentar taxa de compactação de pelo menos 3:1, apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos garis e possuir carregamento traseiro, de preferência (MONTEIRO et al., 2001).

Etapa 6: Tratamento

O tratamento dos resíduos é definido como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, transformando-os em materiais inertes ou biologicamente estáveis (MONTEIRO et al., 2001). Segundo Feam (2012a), o tratamento de resíduos sólidos pode ser compreendido como um conjunto de procedimentos físicos, químicos e biológicos, que têm como objetivo diminuir a carga poluidora ao meio ambiente e reduzir os impactos sanitários, além de visar o beneficiamento econômico do resíduos.

Schalch et al., (2002) enfatizam que os tratamentos possibilitam uma série de alternativas que colaboram com a redução de grandes quantidades de resíduos depositados nos aterros.

Isto possibilita ganhos ambientais, sociais, econômicos, energéticos entre outros. Porém, o tratamento nunca constitui um sistema de destinação final completo ou definitivo, pois sempre há um remanescente inaproveitável.

Entre as principais alternativas utilizadas para o tratamento de resíduos sólidos estão: a reutilização, a recuperação, a reciclagem, a compostagem, incineração e a disposição final no aterro sanitário (ZANTA; FERREIRA, 2003). Muitos países europeus ainda utilizam o aterro sanitário como principal tratamento. Países como a Bulgária, Grécia, Letônia, Lituânia, Malta e Romênia destinam mais de 80% dos seus resíduos para os aterros sanitários. Já países como a Bélgica, Dinamarca, Alemanha, Holanda, Áustria e Suécia

destinam menos de 5% dos resíduos aos aterros, utilizando principalmente as tecnologias de incineração e reciclagem, e uma menor porcentagem à valorização orgânica, valoração esta que possui destaque na Áustria e Holanda, que destinam 25% dos resíduos para esta prática (NOVAIS, 2013).

Outra forma de tratar os resíduos sólidos urbanos é por meio do tratamento térmico, caracterizado por utilizar o calor como forma de recuperar, separar ou neutralizar determinadas substâncias presentes nos resíduos, possibilitando a redução da massa e volume, além da produção de energia térmica, elétrica ou mecânica (FEAM, 2012a). Tchoubanoglous et al. (1993), discorrendo sobre os principais processos de transformações

utilizados para o gerenciamento de resíduos sólidos, destacam a transformação física (separação de componentes, redução de volume), a transformação química (combustão, pirólise, gaseificação) e a transformação biológica (compostagem, digestão anaeróbia e anaeróbia).

Etapa 7: Destino Final

A destinação final dos resíduos sólidos é o tratamento dos resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o reaproveitamento energético, dentre outras formas admitidas pelos órgãos ambientais. Esse tratamento tem como objetivo reduzir a quantidade e o potencial poluidor dos resíduos dispostos em aterros sanitários. Apesar da melhoria nos serviços de coleta de lixo em geral, a

destinação final dos resíduos sólidos é que se apresenta ainda precária na maior parte dos municípios, considerando-se o impacto ambiental decorrente da disposição inadequada de material (BULCÃO; ALBANO, 2010).

A situação em relação à destinação final dos resíduos sólidos é crítica e quase todos os municípios brasileiros apresentam dificuldades em relação ao trato de seus resíduos, que abrangem desde a coleta até a destinação final. A limpeza urbana e a destinação correta dos resíduos sólidos são de grande importância para todo e qualquer município. Ela deve ser entendida e praticada por toda a sociedade

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou o processo de gestão dos resíduos sólidos a partir da revisão da literatura científica. Não é difícil de compreender, a partir desse processo, que o gerenciamento desses recursos tem o desafio de transformar a mentalidade das pessoas, para que elas percebam que não existe lixo, mas recursos que ainda não reaproveitados e, portanto, não foram transformados em bens. E são os bens que produzem a riqueza, tanto individual, quanto organizacional e de um país. Conhecer gestão e cada uma de suas etapas é essencial para que os cidadãos e organizações possam enveredar esforços em direção a esse propósito.

Gerenciar é fazer as coisas de forma planejada, organizada, dirigida e controlada.

Como o foco de toda gestão é sempre os recursos, para que os objetivos possam ser alcançados, quando o processo gerencial for do conhecimento de grande parte da população provavelmente um salto qualitativo será sentido nacionalmente. O motivo é simples: a constatação de que os resíduos sólidos, conhecidos como lixo, não são lixos, mas recursos que ainda não sofreram reaproveitamento. É preciso, então, que eles iniciem o processo de gestão, de forma similar ao descrito neste estudo. Esta é sua grande contribuição tanto para a ciência quanto para a prática efetiva da sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10004. Brasília: ABNT, 1990.

ARAUJO, P. J. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos dos shoppings de Aracaju. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 33-44, 2014.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei no. 12.305**. Brasília: Senado, 2010.

BULCÃO, L. G.; ALBANO, H. A. O gerenciamento de resíduos sólidos na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 75-85, mai./ago. 2010.

CAMPOS, A. C. et al. Diagnóstico identificativo e quantitativo dos resíduos sólidos da XII Semana de Folclore da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador**, 25 a 28 nov. 2013.

CAVALCANTE, L. P. S. et al. Análise da percepção ambiental e sensibilização de educandos do Ensino Fundamental de uma escola pública para realização da coleta seletiva, Campina Grande-PB.

Revista Monografias Ambientais, v. 9, n. 9, p. 2047-2054, 2012.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; SIMAN, Renato Ribeiro; SENA, Larissa Gomes. Assessment tool for Integrated Solid Waste Management Municipal Plans: part 1. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 167-179, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180120A>.

COSTA, H. S. Estação de transferência de resíduos sólidos domiciliares: histórico e proposta de procedimentos para o seu planejamento e controle operacional. **Holos Environment**, v. 5, n. 1, p. 37-51, 2005. <https://doi.org/10.14295/holos.v5i1.328>.

COSTA, W. M.; FONSECA, M. C. G. A importância do gerenciamento dos resíduos hospitalares e seus aspectos positivos para o meio ambiente. **Hygeia**, v. 5, n. 9, p. 12 - 31, dez. 2009.

CRUZ, G. V.; FERNANDES, L. F.; MARTINS M. C. Gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos em São Tomé e Príncipe: contributos da educação ambiental. **Revista:**

ambientalmente sustentável, v. 23-24, n. 1, p. 47-62, 2017.

FEAM. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Jabotão dos Guararapes: Feam, 2012a.

FEAM. Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM, 2012.

FERRAZ, José Lázaro. Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FRANCESCHI, B. B. Análise da aplicação do plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde no centro cirúrgico do hospital universitário professor Polydoro Ernani de São Thiago. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FREIRE, R. S. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.

FUNASA. Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de resíduos sólidos. Brasília: Funasa, 2014.

GALBIATI, A. F. O gerenciamento integrado de resíduos sólidos e a reciclagem. **Limpeza Pública**, texto 97, p. 7-8, 2001.

GANDELINI, Luciana. **Localização de aterros sanitários e lixões no Estado de São Paulo, considerando padrões ambientais distintos: uma aplicação de modelos matemáticos de otimização.** Monografia (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GONÇALVES, P. **A reciclagem integradora dos aspectos ambientais sociais e econômicos.** Rio de Janeiro: DP&A: FASE, 2003.

GUARNIERI, Patricia; CERQUEIRA-STREIT, Jorge A.; BATISTA, Luciano C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry

in Brazil towards a transition to circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104541, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104541>.

HEMPE, C.; NOGUERA, J. O. C. A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 682-695, 2012.

HOGAN, D. J. et al. (Orgs.). **Um breve perfil ambiental do estado de São Paulo: resíduos sólidos**. Campinas: Unicamp, 2000.

IBAMA. **Relatório pneumático, 2007**. Brasília: Ibama, 2007.

LAVIN, F. E. L. **Desarrollo de aislantes térmicos empleando rastrojos de maíz para la construcción de viviendas**. Monografía (Graduação em Engenharia). Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile, 2012.

LEITE, W. C. A. **Aterro Sanitário: resíduos sólidos urbanos e industriais**. Fortaleza. ABES, 2000.

LEMOS, Patrícia Faga Iglecias et al. Environmental governance of solid waste in USP Campuses: the university as a laboratory for environmental

public policies. In: LEAL FILHO, Fernanda Frankenberger; IGLECIAS, Patrícia; MÜLFARTH, Roberta C. K. (Eds.). **Towards green campus operations**. Cham: Springer, 2018, p. 577-585.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. [S.l.]: ABES, 2001.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3. ed. São Paulo: Hemus, 1995.

LOPES, J. C. J. **Resíduos sólidos urbanos: consensos, conflitos e desafios na gestão institucional da região Metropolitana de Curitiba**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MICHELOTTI, D.; WOLFF, D. B. Gerenciamento de resíduos sólidos perigosos de uma empresa coletora em Santa Maria/RS: estudo de caso. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 10, n. 1, p. 119-136, 2009.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2000.

NOVAIS, R. Sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos experiência europeia. In: **Seminário de Internacional de Engenharia de Saúde Pública**, 4, Belo Horizonte, 2013.

NTAGISANIMANA, Gilbert; YU, Ziqiang; MA, Hongzhi. Current situation of solid waste management in East African countries and the proposal for sustainable management. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.5897/AJEST2020.2911>.

ONU. **Developing integrated solid waste management plan: training manual**. Osaka; Shiga: ONU, 2009.

PEREIRA, C. D.; FRANCO, D.; CASTILHOS JÚNIOR, A. C. Implantação de estação de transferência de resíduos sólidos urbanos utilizando tecnologia SIG. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 27. p. 71-84, mar. 2013.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Agenda 21 e resíduos sólidos. In: **Anais do RESID' 99: seminário sobre resíduos sólidos**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999, p. 15 -25.

PICHTEL, J. **Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial**. Boca Raton: Taylor & Francis, p. 649, 2005.

PINTO, M.S. **A coleta e disposição do lixo no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV, 1979.

PUNA, J. F. B.; BAPTISTA, B. S. A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - perspectiva ambiental e economicoenergética. **Quim. Nova**, Águas de Lindóia, v. 31, n. 3, p. 645-654, 2008.

RODRIGUES, L. C.; SPOTI, T. B. **Coleta lateral automatizada de resíduos sólidos urbanos (RSU)**. Ituverava: Fundação Educacional de Ituverava, 2018.

SCHALCH, Valdir et al. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: USP, 2002.

SCHNEIDER, V. E. et al. **Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde**. São Paulo: CLR Balieiro;2001.

SCREMIN, Lucas Bastianello et al. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, Christian Luiz et al. Avaliação e proposição de políticas públicas para a gestão de resíduos sólidos urbanos aplicado ao município de Curitiba. **Anais ENANPUR**, v. 16, n. 1, 2015.

SOTAMENOU, Joël; JAEGER, Simon; ROUSSEAU, Sandra. Drivers of legal and illegal solid waste disposal in the Global South-The case of households in Yaoundé (Cameroon). **Journal of environmental management**, v. 240, n. 15, p. 321-330, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.098>.

SOUZA, D. O. A sistematização da assistência de enfermagem (SAE) aos profissionais da coleta de lixo urbano. **61º Congresso Brasileiro de Enfermagem**, Fortaleza, 7 a 10 dez. 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G. et al. **Integrated solid waste management**: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, 1993.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Solid wastes**: engineering principles and management. Tokyo: McGraw-Hill, 1977.

WANG, F. S; RICHARDSON, A. J; RODDICK, F. A. Relationships between setout rate, participation rate and setout quantity in recycling programs. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 20, n. 1, p. 117, 1997.

ZAFAR, Salman. Waste management outlook for the Middle East. In: BRINKMANN, Robert; GARREN, Sandra J. (Eds.). **The Palgrave handbook of sustainability**. Cham: Palgrave Macmillan, 2018, p. 159-181.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: CASTILHOS JÚNIOR, Armando Borges. (Coord.). **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES; RiMa, 2003.

Capítulo 9

AS CONTRIBUIÇÕES DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Marcileide Silva de Melo

Instituto Federal do Amazonas

Pós-graduação em Meio Ambiente e suas Tecnologias

Email: marcidemelo@gmail.com

Rafaela Noel Serudo

Instituto Federal do Amazonas

Pós-graduação em Meio Ambiente e suas Tecnologias

Email: rafaelanoelserudo@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas

Campus Manaus Distrito Industrial

Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os esforços da sustentabilidade também abarcam a preocupação com as embalagens, no sentido de não serem nocivas ao meio ambiente. Inúmeros estudos científicos têm sido conduzidos e gerados descobertas interessantes e de alto impacto, como os de Cheng et al. (2021), Amim et al. (2021) e Zhang e Sablani (2021), na área de alimentos, e os de Yanat e Schroën (2021), Sani et al. (2021) e Leite et al. (2021), no campo dos novos materiais. O motivo dessa preocupação é que muitas vezes as embalagens podem ser mais nocivas do que os produtos que elas protegem, de maneira que dar a destinação adequada exige conhecimentos acerca dos seus componentes.

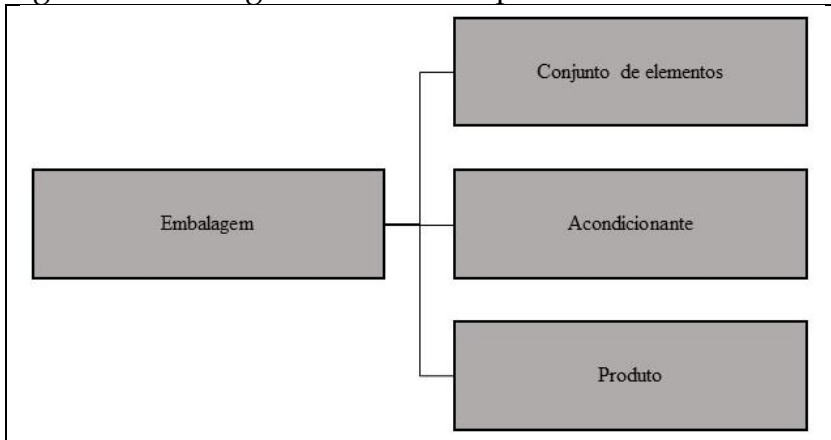
Neste sentido, este estudo teve como objetivo mostrar as contribuições das embalagens

biodegradáveis para a sustentabilidade ambiental. Está organizado da seguinte forma: primeiro apresenta uma delimitação conceitual das embalagens biodegradáveis utilizando a técnica de derivação, uma vez que não existe uma definição por parte da literatura acerca deste fenômeno recente. Assim, primeiro se definiu embalagem para em seguida estender a definição encontrada para a natureza biodegradável. Em seguida são apresentados os principais tipos de embalagens. O estudo termina com as inovações contemporâneas de embalagens. A conclusão ressalta que essas tecnologias são fundamentais para a sustentabilidade ambiental

EMBALAGEM: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

Embalagem pode ser definida como elemento ou conjunto de elementos que acondicionam um produto (SANTOS, 2013; FOSCACHES et al., 2012; LIMA, 2009; ARAGÃO, 2007; DANTAS; LIMA, 2007; FREITAS, 2007; ZENI; GRANDO, 2015; MORAES, 2005). Santos e colaboradores (2008) afirmam que toda estrutura que exerce a função de proteção é denominada embalagem. Além da função de proteger, a embalagem atua na conservação dos produtos desde o processo de produção até a distribuição ao consumidor final (ARAGÃO, 2007). É um meio de evitar que os mesmos sofram alterações devido à ação do ambiente (BARROS, 2010).

Figura 1. Embalagem: termos de equivalência



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 1 descreve embalagem como um sistema integrado de materiais (PUJOL, 2012), formado por elementos que são os materiais que compõem o recipiente, que formam a estrutura da embalagem (FOSCACHES et al., 2012). É considerado um meio econômico utilizado para comercialização (BECKER; PRADELLA; GRANDO, 2015). Tem função de proteger, conter,

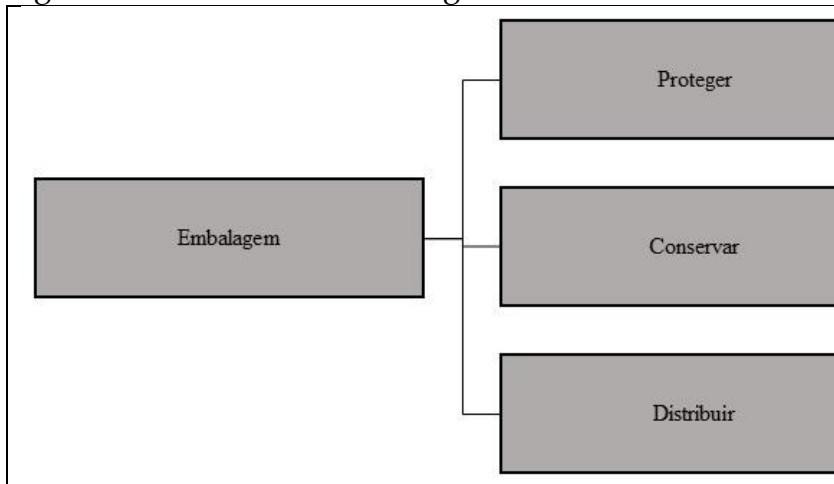
acondicionar o produto, durante sua movimentação, transporte, armazenagem, comercialização e consumo (ZENI; GRANDO, 2015).

EMBALAGEM: ATRIBUTOS

Para Santos (2013), Andrade (2011) e Silva (2008) embalagem é um conjunto de materiais e equipamentos que servem para acondicionar bens e produtos destinados ao consumidor final. Os materiais mais utilizados na fabricação das embalagens são madeira, metal, vidro, plástico, papel e papelão. Segundo a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2019), os plásticos representam a maior participação no valor da produção, correspondendo a 40% do total. Uma das desvantagens da utilização de embalagens

plásticas é serem, em sua maioria, não biodegradáveis e levarem mais de 100 anos para serem completamente degradados pela natureza (LANDIM et al., 2016).

Figura 2: Atributos das embalagens



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a figura 2 observa-se que a embalagem é caracterizada principalmente por exercer a função de proteção (BARROS, 2010;

SANTOS et al., 2008; DANTAS; LIMA, 2007; FREITAS, 2007). A proteção do produto permite que o mesmo permaneça intacto para as etapas posteriores do sistema de produção (LIMA, 2009). As embalagens servem de proteção para as matérias-primas que estão sendo ofertadas, atendendo as necessidades dos consumidores ou clientes (ARAGÃO, 2007; MORAES, 2005).

A conservação é um meio de manter a integridade do produto sem alterar suas qualidades físicas e químicas. Prolonga a sua vida de prateleira e minimiza as perdas por deterioração promovendo por mais tempo a qualidade e a segurança do produto (ZENI; GRANDO, 2001; Ferrari, 2019; FOSCACHES et al., 2012; ARAGÃO, 2007). Os principais fatores que

afetam a conservação são: a luz, umidade, oxigênio e microorganismos, seus constituintes devem estar em quantidade segura para não colocar em risco a segurança dos consumidores e não alterar as características organolépticas do produto.

Para as etapas de transporte, armazenagem, distribuição e comercialização a qualidade da embalagem é fundamental, pois sua resistência garante com que o produto não seja danificado (LIMA, 2009). É a embalagem deve transmitir, em apenas 3 segundos, a qualidade do produto, os seus diferenciais e cativar o consumidor a comprá-lo. Embalagem tornou-se estratégica para a competitividade dos negócios no que diz respeito à eficiência do acondicionamento, distribuição e venda (ABRE, 2019).

Embalagem para esse estudo pode ser definido como um recipiente, invólucro, acondicionante. Tem como suas principais funções proteger, conter, envolver, conservar, identificar e distribuir os produtos de forma temporária ou permanente, preservando suas características organolépticas. A embalagem é uma ferramenta essencial em qualquer cadeia produtiva, independentemente do produto, sendo este do mercado alimentício ou não alimentício, proporcionando segurança ao consumidor final.

TIPOS DE EMBALAGENS

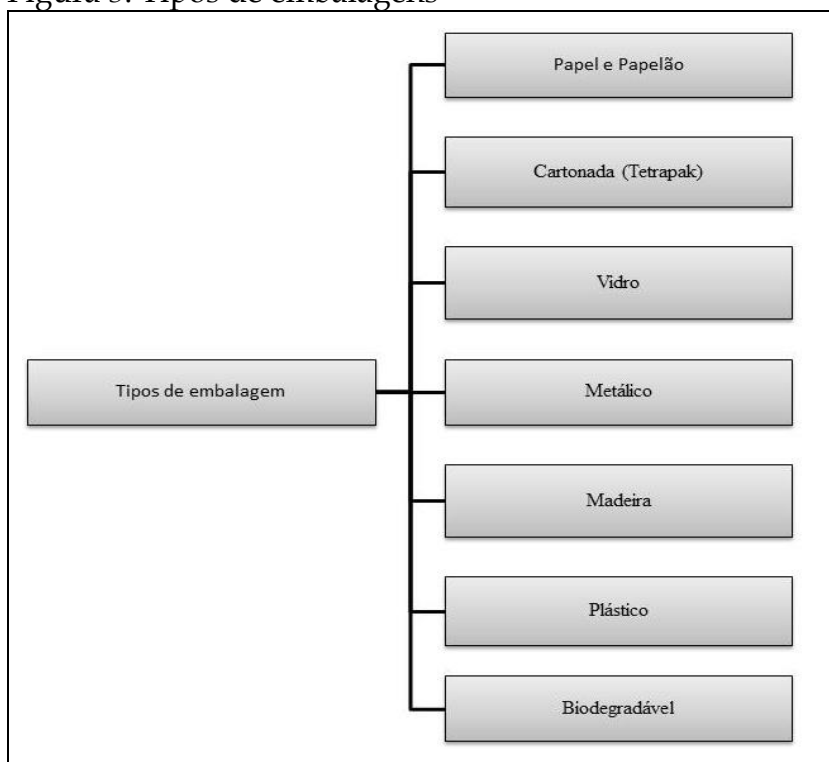
A literatura nos mostra que existem no mercado vários tipos de embalagens. Elas são classificadas de acordo com os tipos de materiais que são produzidos. Promovem a conservação de

suas características físicas e químicas, como por exemplo, aroma, cor, sabor, textura, demonstrando assim sua grande versatilidade. A escolha da embalagem, entre seus diferentes tipos, deve ser feita a partir do conhecimento de suas características, benefícios e especificidades.

Os tipos de embalagens de papel e papelão são amplamente utilizados na indústria, e correspondem a um grupo abrangente (LIMA, 2019). Destacam-se pela sua forma simples, preço acessível, e facilidade no armazenamento. Tem como vantagem o fato de serem biodegradáveis e recicláveis, ou seja, são ecologicamente corretas. Possuem como desvantagens a baixa resistência, baixa durabilidade e a não resistência a água e umidade. São comumente encontradas nos

formatos de caixas, sacos, sacolas, envelopes e fardos. As caixas feitas com papelão são amplamente utilizadas nos mais variados seguimentos de transformação.

Figura 3. Tipos de embalagens



Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 3 apresenta os tipos de embalagens encontrados na literatura. De acordo com Ferrari (2019) as embalagens cartonadas, conhecidas como TetraPak, são constituídas de alumínio, plástico e papel, sendo este seu maior componente. Apresentam uma boa sustentação, devido a sua constituição. Tais caixas são revestidas por camadas de polietileno que protegem o conteúdo da embalagem da umidade externa e do contato direto com alumínio. Reduzem a simples ideia de reciclagem, já que podem ser utilizadas como combustível à incineração com aproveitamento energético, compostagem e mantas térmicas, reusos que auxiliam na redução da poluição em virtude da diminuição de seu descarte em lixões e aterros sanitários (SANTOS, 2019).

Passamani et al. (2019) descrevem que o vidro é constituído de um material inerte, que confere segurança ao consumidor quanto à possibilidade de contaminação do alimento. Possui características desejáveis como impermeabilidade a gases e vapor, praticidade, versatilidade, transparência, podendo apresentar variações de cor o que possibilita proteção aos produtos sensíveis à luz. Apresenta como desvantagens, a fragilidade e seu sistema de fechamento. É considerada uma das opções mais poluentes devido seu processo de decomposição, em média dura 4 mil anos.

Para Ferrari (2019) a embalagem metálica tem como característica preservar naturalmente todas as propriedades dos alimentos como sabor,

proteínas e nutrientes sem a necessidade de aditivos químicos. O metal permite que o alimento seja cozido em altas temperaturas dentro da própria embalagem, eliminando os microorganismos, além de ser hermeticamente fechada e proteger da luz e oxigênio. As aplicações das embalagens metálicas são múltiplas e variadas em diferentes tipos de produtos. São bastante utilizadas na indústria de alimentos, bebidas, tintas e produtos químicos, pois protege o seu conteúdo de ações físicas, químicas e biológicas.

As embalagens de plástico são utilizadas por serem adaptáveis e moldáveis a diversos formatos e tamanhos de produtos. Utilizadas em alimentos pré-confeccionados, congelados e armazenados (ROSA, 2019). É possível criá-las em formato de

saco, envelope, película ou filme, engradado, caixa, frasco, garrafa, tubo e outros. Seu baixo custo de produção e sua flexibilidade de aplicação são duas grandes vantagens. Sua desvantagem é alterar alguns produtos, como os alimentos, que podem ter seu sabor modificado.

Um dos primeiros materiais usados como embalagem foi a madeira. Esses tipos de embalagens vêm em forma de engradados, paletes e caixas. As caixas de madeira são utilizadas para facilitar o transporte de fios, cabos e similares. Os paletes são usados para transporte e movimentação de diversas embalagens. O formato das embalagens depende do tipo de mercadoria, seu peso e volume. Devido a sua grande

resistência, ele oferece mais segurança para a carga.

As embalagens biodegradáveis são feitas de materiais oriundos de compostos orgânicos, como por exemplo, cascas de alimentos, fibras de plantas, papel e papelão. Por serem produzidos com recursos naturais, são absorvidos e decompostos com maior facilidade pelo solo, água, luz e demais fontes naturais. A capacidade de se decompor em um período mais curto de tempo do que uma embalagem comum e o baixo custo de produção são fatores de suma importância para a questão ambiental global, tendo em vista que ajuda a reduzir a poluição ambiental e contaminação dos solos e água.

INOVAÇÕES CONTEMPORÂNEAS EM EMBALAGENS

A preocupação com o descarte das embalagens plásticas está aumentando devido aos impactos que elas causam ao meio ambiente, uma vez que, levam cerca de 100 anos para se degradar, causando uma série de problemas como: entupimentos de bueiros, poluição de matas e oceanos causando a morte de animais devido a sua ingestão ocasionando sua morte (MIRANDA; SEO, 2015). No caso do descarte em aterros sanitários causam impermeabilização dos solos e compactação dos resíduos com inúmeras camadas de plástico impermeável aumentando a incidência de bolsões de ar (LANDIM, 2016).

A busca pelo desenvolvimento de embalagens sustentáveis tem aumentado. A

biodegradabilidade e o aumento da segurança alimentar são os principais benefícios das embalagens ativamente funcionais, pois contribuem para uma maior preservação do alimento, do meio ambiente reduzindo o impacto ambiental (Machado et al., 2012).

As indústrias, principalmente de alimentos, devem buscar desenvolver embalagens que utilizam a menor quantidade possível de material para um mesmo produto. Além disso, a população deve ser incentivada, por meio de políticas públicas, a reduzir o consumo e o descarte inadequado de tais embalagens (LANDIM, 2016).

Embalagem a base de amido

O amido é um polímero que apresenta potencial para diversos produtos, principalmente

relacionados aos alimentos. O Brasil produz a matéria-prima para produção de amido, a mandioca, apresenta baixo preço e disponibilidade durante o ano todo, tornando-se uma fonte desejável para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (CARR, 2007). Uma desvantagem é que são muito sensíveis à umidade e apresentam fácil degradação frente a agentes microbianos (ALVES et al., 2012), contudo, podem-se adicionar algumas substâncias que melhoram essas características.

Embalagem a partir da cana-de-açúcar

Pesquisas atuais demonstram que é possível a fabricação de plásticos biodegradáveis a partir do bagaço da cana de açúcar, podendo ser integrada com a produção de açúcar e álcool,

expandindo a indústria da cana (TELLES; SARAN; UNÊDA-TREVISOLLI, 2011) através da utilização de bactérias durante seu ciclo produtivo. De acordo com Onofre et al. (2016), o resultado é um material com elevadas propriedades mecânicas, resistência à mistura, resistência à água, boa estabilidade a radiação ultravioleta, barreira à permeabilidade de gases, e no âmbito ambiental é considerado de fácil degradação, liberando água e gás carbônico. Embalagens de limpeza, higiene, cosméticos, produtos farmacêuticos, sacos, vasilhames para fertilizantes e defensivos agrícolas são os produtos fabricados.

Embalagem a partir de proteína de soja

A proteína de soja pode ser empregada nas indústrias alimentícias e atualmente na fabricação

de embalagens biodegradáveis, pois é economicamente competitiva, biodegradável e de fácil disponibilidade, uma vez que o Brasil é um grande produtor e exportador dessa matéria-prima (SCREMIN, 2004).

Mesmo com sua alta solubilidade, se misturada a um biopolímero como o amido, pode ser moldada como constituinte dos plásticos na produção de embalagens descartáveis, utensílios e brinquedos, devido a suas consideráveis propriedades mecânicas e resistência à água, e ainda produção de filmes biodegradáveis pela sua aplicabilidade como adesivos, plásticos (ONOFRE, 2016; MARTINS, 2010).

Embalagens a partir do milho

A zeína é uma fração da proteína do milho, obtida a partir da produção industrial de amido de milho. Apresenta excelentes propriedades para formar filmes e revestimentos, no qual se destaca a resistência ao ataque microbiano, a boa barreira a gases e vapor de água (SANTOS et al., 2015). De acordo com Paes (2006) os países desenvolvidos consideram esse produto de grande importância comercial, logo que, é matéria-prima para a fabricação de filmes comestíveis estendendo a vida de prateleira de frutas, verduras e grãos.

Embalagens a partir da folha do abacaxi

As folhas do abacaxi apresentam fibras que proporcionam características desejáveis como, reforço mecânico, resistência ao impacto.

(Andrade, 2014). São utilizadas para fabricação de artigos como pratos descartáveis, talheres, e sua vantagem é que as partes descartadas do abacaxi podem ser reaproveitadas em produtos de fácil decomposição.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que embalagem biodegradável pode ser definida como um elemento ou conjunto de elementos cuja função é conter, envolver, proteger, identificar, armazenar e distribuir um produto ao mercado consumidor. Os tipos de embalagem variam de acordo com sua finalidade e material. De acordo com os dados encontrados no presente trabalho citamos que os tipos de embalagens mais encontrados são: papel

e papelão, cartonado (Tetrapak), vidro, metálica, madeira, plástico e biodegradável.

A diferença das embalagens tradicionais para as biodegradáveis é que estas são indispensáveis para a sociedade devido ao seu menor impacto ambiental durante o descarte e maior qualidade do produto que embalam. É notório que a conscientização ambiental é um fator para o aumento no uso dessas embalagens e este trabalho identificou alguns tipos de embalagens biodegradáveis à base de amido, de cana-de-açúcar, proteína de soja, milho e folhas de abacaxi.

REFERÊNCIAS

ABRE. Estudo ABRE macroeconômico e de tendências. São Paulo: Abre, 2019.

ALVES, Gabriela Souza, et al. Material a base de amido de mandioca para manufatura de

embalagem de alimentos. **Revista Citino**, v. 2, n. 1, 16-24, 2012.

AMIN, Usman et al. Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, May 2021 (in press). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.182>.

ANDRADE, Mario Juscelino Faleiro. **Avaliação da quitosana como recobrimento para papelão ondulado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ANDRADE, Roberta Melquiades Silva de. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ARAGAO, Fabiana Lisboa. **Gestão de marketing aplicada a cooperativas agroindustriais de leite no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Salvador, Salvador, 2007.

BARROS, Hilda Duval. **Estudo da exposição do consumidor aos plastificantes ftalato e adipato de di-(2-etil-hexila) adicionados a filmes de PVC, utilizados para acondicionamento de alimentos gordurosos.** Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária). Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

BECKER, Adriano Machado; PRADELLA, Angela Morandini; GRANDO, Mara Lucia. Gestão de operações e desenvolvimento de produtos sustentáveis em uma indústria do setor de cosméticos no oeste de Santa Catarina. **Revista Tecnológica**, v. 3, n. 2, p. 103-115, 2015.

CARR, Laura Gonçalves. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca.** Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHENG, Hao et al. Starch-based biodegradable packaging materials: A review of their preparation, characterization and diverse applications in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, n. 8, p. 70-82, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.017>.

DANTAS, Rebeca L.; LIMA, C. A. P. Qualidade de embalagens flexíveis para alimentos. **In 9º Congresso Brasileiro de Polímeros**. Campina Grande, 7 a 11 out. 2007.

FERRARI, Tatiele Martins. **Caracterização elementar de creme de leite e de seu invólucro: estudos de difusão**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FOSCACHES, Caroline Acosta Lezcano et al. Logística de frutas, legumes e verduras (FLV): um estudo sobre embalagem, armazenamento e transporte em pequenas cidades brasileiras. **Informações Econômicas**, v. 42, n. 2, p. 37-46, 2012.

FREITAS, Vitória Matos de. **Estudos das alterações do suco de maracujá integral em embalagem do tipo PET e vidro**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

LANDIM, A. P. M. et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.

LEITE, Liliane SF et al. Electrostatic interactions regulate the physical properties of gelatin-cellulose nanocrystals nanocomposite films intended for biodegradable packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 113, n. 4, p. 106424, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106424>.

LIMA, Byanca Porto de. **Aplicação do método QFD no desenvolvimento de embalagens em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, Taubaté, 2009.

LIMA, Dag Mendonça. **Avaliação do desperdício na logística de distribuição e comercialização de hortifrutícolas: uma análise do entreposto atacadista Ceasa-Campinas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

MACHADO, Bruna Aparecida Souza et al. Desenvolvimento e avaliação da eficácia de filmes biodegradáveis de amido de mandioca com nanocelulose como reforço e com extrato de erva-mate como aditivo antioxidante. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2085-2091, 2012.

MARTINS, Anna Paula Carminatti. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis para aplicação em embalagens de alimentos.** Monografia (Graduação em Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 32. 2010.

MIRANDA, Caio da Silva da Silva; SEO, Emília Satoshi Miyamaru. Degradação de embalagens plásticas oxi-biodegradáveis e comuns. **Holos Environment**, v. 15, n. 2, p. 171-179, 2015.

MORAES, Maria Flávia Vanucci de. **Produção e caracterização da blenda polimérica biodegradável poli (hidroxibutirato)[PHB]/copoliéster alifático aromático [Ecoflex®] para aplicações em embalagens.** Dissertação (Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

ONOFRE, Sideney Becker et al. Avaliação de diferentes tipos de embalagens biodegradáveis. **Anais do 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, 19 a 21 outubro 2016.

PAES, Maria Cristina Dias. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de

milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (Infoteca-E)**, 2006.

PASSAMANI, Bruna Rocha et al. Conservação de flores comestíveis em diferentes tipos de embalagens. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2019.

PUJOL, Camila Ardais Medeiros. **Proposta de um modelo integrado ao PDP para o desenvolvimento de embalagem**. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROSA, Stephanie Sousa Fernandes. A influência das embalagens quanto à percepção de qualidade nos produtos de luxo: estudo de caso: Healsi. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação). Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, 2019.

SANI, Mahmood Alizadeh et al. Recent Advances in the Development of Smart and Active Biodegradable Packaging Materials. **Nanomaterials**, v. 11, n. 5, p. 1331, 2021. <https://doi.org/10.3390/nano11051331>.

SANTOS, Alyne Ramos de Campos dos. **Avaliação da emissividade de embalagens cartonadas por termografia e modelagem computacional.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2019.

SANTOS, Andressa Aparecida Madruga dos et al. Desenvolvimento da embalagem e marketing de cookies com gostas de chocolate. **In 6º Simpósio de Ensino de Graduação,** Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 30 set. a 2 out. 2008.

SANTOS, Hugo. **Estudo comparativo da utilização de embalagens descartáveis e retornáveis na distribuição de peças automotivas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTOS, T. M. et al. Efeito da adição de ácido tânico sobre propriedades de filmes de zeína. **In: Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: Congresso Brasileiro de Polímeros, 13., 2015, Natal. Anais... São Carlos: ABPol, 2015., 2015.

SCREMIN, Fernanda Fabiane. **Estabilidade térmica de filmes biodegradáveis produzidos a base de proteína de soja e amido de milho.** Monografia (Graduação em Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, Guilherme Canuto da. **Prototipagem rápida e ferramental rápido aplicados às peças utilizadas em ensaios estáticos de embalagens para acondicionamento e transporte de peças automotivas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TELLES, Mariana Robiati; SARAN, Luciana Maria; UNÊDA-TREVISOLLI, Sandra Helena. Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia**, v. 2, n. 1, 2011.

YANAT, Murat; SCHROËN, Karin. Preparation methods and applications of chitosan nanoparticles; with an outlook toward reinforcement of biodegradable packaging. **Reactive and Functional Polymers**, v. 161, n. 4, p. 104849, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.104849>.

ZENI, Leonardo Dal Piva; GRANDO, Mara Lúcia. Estudo da logística reversa na coleta de embalagens vazias de agrotóxicos em uma propriedade rural do oeste de Santa Catarina. **Revista Tecnológica**, v. 2, n. 1, p. 220-239, 2015.

ZHANG, Hongchao; SABLANI, Shyam. Biodegradable packaging reinforced with plant-based food waste and by-products. **Current Opinion in Food Science**, v. 42, n. 12, p. 61-68, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.05.003>.

Capítulo 10

OS SENSORES COMO RECURSOS AMBIENTAIS

Thiago Silva Filgueiras

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: tfilgueiras18@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de projetos, principalmente de natureza elétrica e eletrônica, os sensores são elementos essenciais. De acordo com a sua implementação, são capazes de detectar determinados fenômenos externos, oferecendo dados ao sistema de que fazem parte. Com base nestes dados, o sistema pode oferecer uma resposta externa por meio de atuadores. Para a sua compreensão básica, é necessário entender o conceito de sensores e suas aplicações gerais em projetos.

Sensores e atuadores são dois elementos essenciais para a construção de inúmeros equipamentos utilizados atualmente e que colaboram para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Neste sentido, este estudo teve como

objetivo mostrar a importância dos sensores como instrumento fundamental para a sustentabilidade, atuando como recursos para que os fins pretendidos sejam alcançados. Está organizado da seguinte maneira. Primeiro é feita a delimitação conceitual, identificando-se os termos de equivalência e atributos mais comuns encontrados na literatura. Em seguida são apontadas diversas maneiras através das quais os sensores podem ajudar na sustentabilidade ambiental. A conclusão mostra que esses recursos representam um aperfeiçoamento dos procedimentos de gestão ambiental e elevação da probabilidade de redução dos danos causados ao meio ambiente.

SENSORES: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

O termo de equivalência mais encontrado na literatura define sensores como dispositivos, como pode ser visto nos estudos de Ferrari (2012), Oliveira (2012), Calbo, Correa e Herrmann Junior (2014), Fernandes (2014), Papi (2014), Biasotto (2015), Monteiro Junior (2015), Rodrigues (2016), Teplov (2017), Cichero (2018), Ferraz Filho (2018) e Cunha e Okamura (2018). De fato, os sensores podem ser definidos como pequenos dispositivos que compõem um determinado projeto. Tal definição abrange todos os tipos de sensores e suas respectivas finalidades de acordo com a sua aplicação.

Sensores também podem ser definidos como elementos sensíveis, de acordo com os trabalhos de Montanha (2010), Orlof (2011), Montanha (2013),

Cardoso (2018), Silva (2016) e Gomes (2018). Esta definição explora uma das características dos sensores que é “sentir” ou, tecnicamente, detectar a natureza ao seu redor, de acordo com a construção do sensor. Como exemplo, tem-se os sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de velocidade, entre outros tipos. Esses sensores têm como ponto comum o fato de poder captar determinada forma de energia no ambiente externo.

Os trabalhos de Plácido (2005), Titon (2017), Faria et al. (2012), Lopes (2015) e Cabral (2017) definem sensores como sendo uma espécie de transdutor. As definições são semelhantes pois o transdutor é um elemento que converte um determinado sinal a outro. Buiatti (1995) descreve

transdutor como sendo um aparelho que transforma uma quantidade física em outro tipo qualquer com o objetivo de medir e transmitir a forma de energia primária. Alves (2014) especifica a definição e descreve o transdutor como sendo um dispositivo que converte uma vasta gama de efeitos biológicos, físicos e químicos, em um sinal elétrico mensurável. A conversão para um sinal elétrico é a forma mais comum de funcionamento, presente também nos sensores.

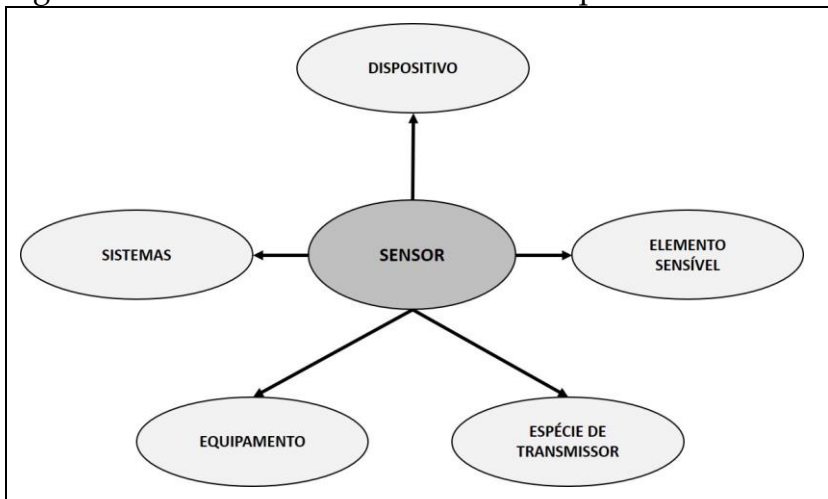
Existem sensores, como os industriais, que podem assumir proporções físicas maiores e terem maior complexidade de funcionamento e instalação. Considerando estes fatores, sensores também podem ser definidos como equipamentos por alguns trabalhos, como o de Santos (2002),

Angulo Filho (2003), Angulo Filho (2005), Queiroz (2005), Guerra (2006), Ladwig (2006), Vieira (2006), Frasson (2007), Hendges (2007), Silva (2007), Montanha (2010), Tuzine (2011), Silva (2013) e IBGE (2001). Inclusive o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, em 2001, define sensor como equipamento capaz transformar alguma forma de energia em sinal que possa ser convertido em informação sobre o objeto sensoriado (IBGE, 2001).

Por fim, os trabalhos de Mendonça (2008), Pinto (2008), Menezes (2011) e Puerta (2012) definem sensores como sendo sistema. Comumente, essa definição ressalta a possibilidade de diversos sensores trabalharem harmoniosamente em um mesmo projeto. Esse trabalho harmônico entre os sensores possibilita

maior confiabilidade e acurácia dos dados obtidos, visto que podem ser comparados. Essa característica permite, por exemplo, a verificação estatística dos dados, formação de tabelas e gráficos, confecção de bancos de dados em sistemas de supervisão, entre outros complementos para o projeto.

Figura 1. Os sensores e seus termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da Figura 1, pode-se concluir que os sensores podem ser definidos como dispositivos componentes de um projeto. Esses dispositivos são elementos sensíveis por conseguir detectar determinadas formas de energia, dependendo do seu tipo. São também considerados espécies de transdutor pelo fato de modificar a energia detectada, geralmente para uma forma de energia elétrica mensurável. Dependendo de sua aplicação e dimensões físicas, também são consideradas como equipamentos e, havendo um conjunto de sensores trabalhando harmonicamente em um mesmo projeto, tem-se um sistema de sensores.

SENSORES: ATRIBUTOS

Os sensores apresentam diversas características que permitem a análise de sua função em um projeto. O estudo de seus atributos é importante pois permite a verificação de suas aplicações em um determinado projeto. Tais

atributos diferenciam os sensores dos demais elementos, permitindo a correta identificação do tipo e das tarefas que serão aplicadas a tais dispositivos. A literatura apresenta algumas definições clássicas, mas também modernas, dependendo do uso do sensor.

De acordo com Oliveira (2012) e Silva (2016), os sensores podem ser dispositivos eletrônicos, mecânicos ou eletromecânicos. Essa característica permite a conclusão de os sensores podem ser componentes de uma variedade de projetos pois apresentam diversos tipos de montagem. Além disso, os sensores podem ser aplicados em âmbito tanto residencial (pequeno porte) quanto industrial (de grande porte), oferecendo opções diversas para a elaboração de projetos. Os mesmos

autores relatam também o fato de os sensores serem dispositivos de baixo consumo de energia, tornando atrativo seu uso em projetos em geral.

Quanto a sua função, a bibliografia é vasta. Teplov (2017), Cichero (2018), Ferraz Filho et al. (2018), Ferrari (2012), Silva (2016), Freitas (1999) e Pinto (2008) explanam que os sensores são capazes de detectar, medir ou gravar fenômenos físicos. Isso está diretamente relacionado ao fato de os sensores serem elementos sensíveis. Corroborando com essa definição, Oliveira e Albuquerque (2007) definem os sensores como sendo capazes de processar, comunicar e monitorar os fenômenos detectados pelos sensores. Os estudos de Faria (2012), Titon (2017), Cunha e Okamura (2018), Lopes et al. (2015) e Puerta et al. (2012) explicam

que os sensores podem alterar sua característica física interna devido ao fator externo em que está inserido. Essa definição está relacionada com a capacidade de os sensores responderem aos estímulos externos detectados por eles de acordo com o projeto onde está inserido.

Os artigos de Santos (2002), Gomes (2009), Angulo Filho (2003), Angulo Filho (2005), Frasson (2007), Tuzine (2011), Silveira (1997), Sirtoli (1998), Queiroz (2005), Ladwig (2006), Silva (2013), Vieira (2006), Calbo, Correa e Herrmann Junior (2014), Couto (2012) e Plácido (2005) destacam a capacidade do sensor de transformar alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Pode-se relacionar este fator com a característica de que

os sensores podem ser usados em diversos tipos de projetos, tais como elétricos, eletrônicos, robóticos, automatizados, entre outros.

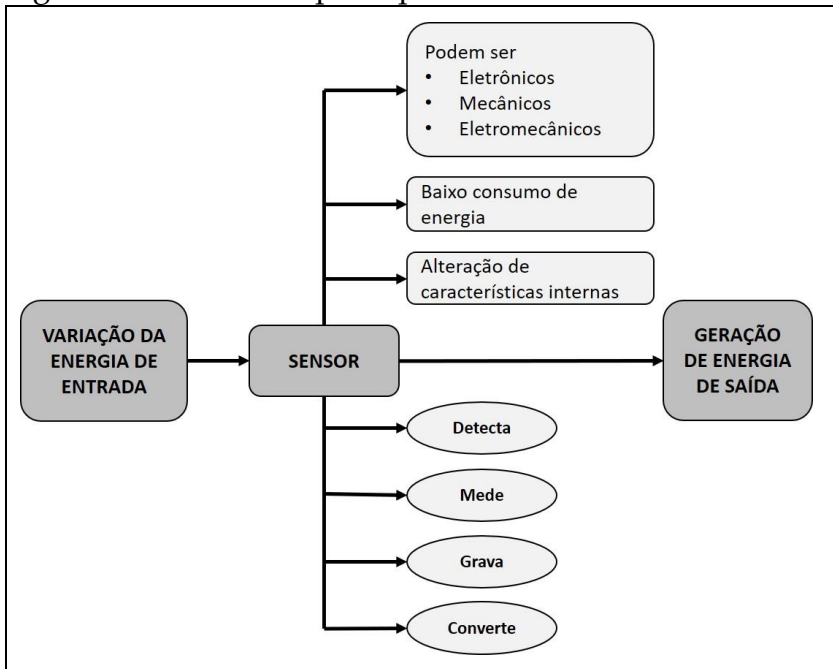
Corroborando com a informação de conversão de sinais, Mendonça (2008), Orlof (2011), Ferrari (2012), Silva (2006); Silva (2007), Silva (2016), Biasotto (2015), IBGE (2001), Fernandes (2014), Papi (2014) e Almeida (2011) afirmam que os sensores recebem determinado estímulo físico e a conversão de sinais geralmente ocorre para a forma de sinal elétrico. Montanha (2010), Menezes (2011), Rodrigues et al. (2016), Guerra (2006) e Hendges (2007) corroboram com a ideia afirmando que os sensores retornam a mudança da energia para um sinal que pode ser mensurado ou armazenado. Esta característica

permite a conclusão de que os sensores convertem a energia de entrada para uma forma de energia que possa sofrer medição e a possibilidade de armazenamento e gravação da saída gerada a partir da conversão.

Por fim, Gonçalves (2010) afirma que os sensores transmitem o resultado da conversão do estímulo de entrada como um impulso proporcional à quantidade medida. Ou seja, a configuração interna dos sensores permite que seja realizado um cálculo para converter corretamente um determinado estímulo de entrada para uma informação que lhe seja correspondente. Portanto, durante o dimensionamento do projeto, é necessário considerar a grandeza dos respectivos sinais de entrada e de saída para a correta seleção

do sensor respectivo. Com base na bibliografia apresentada, a Figura 2 apresenta uma síntese dos principais atributos dos sensores.

Figura 2 - Síntese dos principais atributos dos sensores



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da Figura 2, pode-se concluir a seguinte definição quanto aos atributos dos sensores: são dispositivos eletrônicos, mecânicos ou eletromecânicos, de baixo consumo energético, capaz de alterar as suas características internas a partir do sinal captado na entrada. Os sensores podem detectar, medir, gravar e/ou converter determinada variação desta energia ou sinal de entrada e gerar uma energia ou sinal de saída correspondente à detectada.

SENSORES: COMO PODEM AJUDAR O MEIO AMBIENTE

Os sensores têm vasta aplicação em diversos projetos. Suas aplicações mais comuns são em projetos elétricos, eletrônicos e de computação, atualmente com a Internet das Coisas. Porém, os

sensores apresentam relevância quando se trata em unir os conhecimentos técnicos da engenharia e das linguagens de programação com a conservação do meio ambiente, garantindo a sua sustentabilidade e preservação para as gerações futuras, além de contribuir para seu uso racional.

Já o trabalho Souza Filho (2005) teve como objetivo a quantificação da extensão dos manguezais de macromaré da costa nordeste do Pará e noroeste do Maranhão através da integração de dados obtidos de sensores remotos, além de dados geológicos e oceanográficos. O seu trabalho concluiu pela quantificação realizada que, nas áreas supracitadas, há a maior faixa de manguezais do planeta e corresponde a 56,6% dos manguezais no Brasil. Tal número mostra a

relevância de medidas de conservação dos manguezais na Amazônia e o trabalho ainda ressalta a importância de financiamento e desenvolvimento de pesquisas que visem a melhor compreensão do ecossistema

Inamasu et al. (2006) realizaram um levantamento para testar o uso de sensoriamento remoto a partir de sensores óticos ativo de refletância aplicados em Agricultura de Precisão, possibilitando a aplicação no controle em tempo real em cultura de cana-de-açúcar. Apesar de não ter êxito na detecção de diferenças da faixa de potássio na cultura, apresentaram êxito na aplicação de fertilizante nitrogenado. Concluíram que este tipo de sensor pode ser aplicado na identificação de deficiência de nitrogênio, além de

possibilitar seu uso em controle de tempo real em aplicação de fertilizantes em cultura de cana-de-açúcar.

De forma semelhante, Molin et al. (2010) tiveram como objetivo realizar a verificação da possibilidade de uso de um sensor ótico ativo comercial na cultura de cana-de-açúcar. Os sensores foram estudados para verificar a capacidade em identificar a resposta da cultura a diferentes doses de nitrogênio. Neste trabalho, houve uma otimização na utilização dos adubos nitrogenados e, com isso, benefícios para o setor de cana-de-açúcar e também para o meio ambiente.

Santos, Dota e Cugnasca (2010) explanam a utilização de redes de sensores sem fio para o monitoramento de ambientes, especialmente na

agricultura de precisão. O trabalho os testes foram realizados para o monitoramento agrícola no estado de Mato Grosso. O trabalho mostra como os sensores podem ser atrativos aos produtores agrícolas, podendo oferecer aumento de produtividade e acompanhamento automatizado da lavoura. Estes fatores ressaltam a importância tecnológica dos sensores. Quanto ao impacto ambiental, sua utilização está relacionada à produção sustentável, com preservação do meio ambiente.

O trabalho de Sano et al. (2009) define a tecnologia do sensoriamento remoto como única alternativa viável para estudar o funcionamento de grandes biomas, tais como o Cerrado e a Amazônia. Os autores utilizam o sensor MODIS

(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), que são sensores voltados para análise geográfica e espacial, oferecendo imagens via satélite, que, juntamente com as imagens Landsat ETM+ adquiridas com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), realizaram o mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado brasileiro. O uso dos sensores neste trabalho permite a análise da aplicabilidade desta tecnologia no acompanhamento de biomas inteiros.

Os sensores também podem ser aplicados na análise de risco ambiental relacionados à erosão. Carmo et al. (2015) objetivaram em seu trabalho a realização de uma análise de risco à erosão do terreno na Porção Sul do Maciço Central do Estado

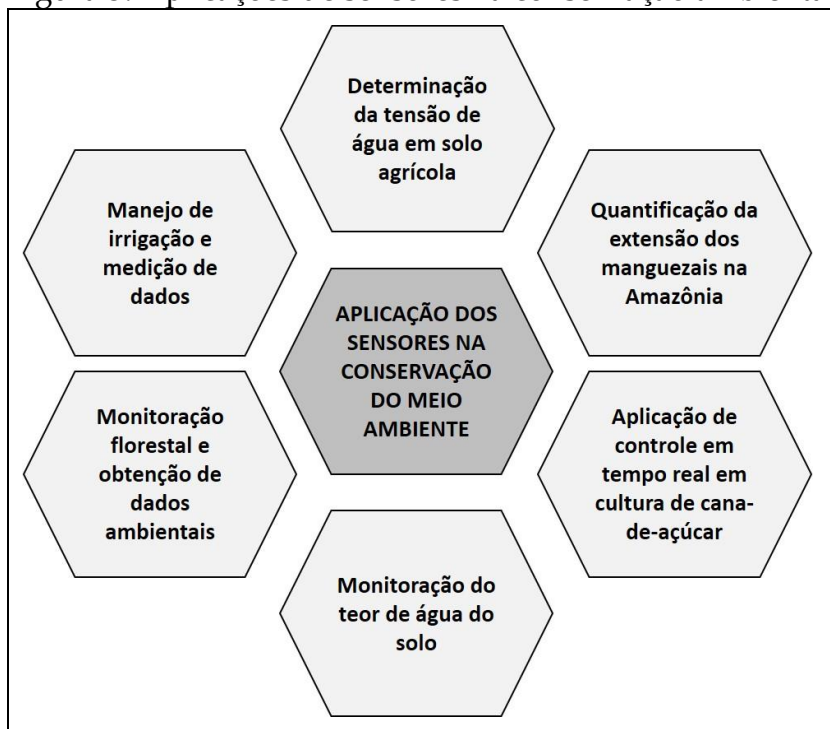
do Ceará, utilizando como base as formas do terreno. Dados como as variáveis morfométricas e dos atributos superficiais do terreno foram obtidas a partir de imagens de Sensoriamento Remoto. Neste trabalho, a tecnologia dos sensores permite saber os riscos ambientais gerados por erosão.

Em sua dissertação, Braga (2010) objetivou o desenvolvimento de um sistema de monitorização florestal por meio de Redes de Sensores sem Fios. O autor desenvolveu um protótipo visando a obtenção de valores como temperatura, umidade, luminosidade, entre outros. Por meio dos dados obtidos, foi possível a construção de um banco de dados conectado à Internet. Com este fator, é possível a consulta pela internet dos dados obtidos por meio dos sensores e realizar estudos e

estatísticas baseados nos valores detectados pela rede.

Os sensores também são utilizados em questões ambientais envolvendo a água. Coelho, Coelho Filho e Oliveira (2005) explanam a utilização de sensores de água do solo como um dos métodos a serem utilizados para o manejo da irrigação. O uso destes sensores possibilita ações como a definição do momento da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada no solo. Além destes sensores, existem outros que podem medir a umidade do solo e o potencial de água do solo. A figura 3 mostra algumas das várias aplicações dos sensores como recursos utilizados na busca da sustentabilidade ambiental

Figura 3. Aplicações de sensores na conservação ambiental



Fonte: elaborado pelo autores.

Oliveira (1999) realizou um estudo para determinar a tensão de água em solo agrícola usando um sensor de dissipação de calor. Este estudo ajuda na determinação e indicação de

quando irrigar e quanto de água deve ser aplicada ao solo. Além disso, ajuda na determinação do fluxo de água no solo e a disponibilidade para as plantas. O trabalho foi realizado em ambiente controlado, mas possibilitou a estimação do potencial matricial com o auxílio de uma curva de calibração.

Cruz et al. (2010), em seu trabalho, visaram avaliar sensores capacitivos desenvolvidos para monitorar o teor de água do solo. Estes sensores, segundo os autores, têm seu funcionamento baseado na capacitância elétrica e é utilizado em pesquisas relacionadas à irrigação. Além de seu tamanho reduzido e baixo consumo energético, como visto anteriormente, o seu método não destrutivo torna atrativo para produtores

agrícolas. Este sensor pode ser utilizado na determinação de teor de água do solo de forma adequada e que não prejudique o solo nem a conservação da plantação agrícola onde estiver inserido. A Figura 3 mostra, a partir dos levantamentos feitos, algumas das principais aplicações dos sensores relacionados ao meio ambiente e sua conservação e uso racional de seus recursos.

Como pode ser visualizado na Figura 3, os sensores podem ser utilizados em muitas aplicações ao meio ambiente. Muitos dos projetos utilizam a tecnologia de sensoriamento remoto, que permite o acompanhamento dos dados detectados, medidos e gravados pelos sensores e envia-os a dispositivos móveis; além de permitir o

acesso destes dados em bancos de dados disponíveis na internet, em páginas eletrônicas que podem ser criadas pelo usuário.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que os sensores são importantes recursos ambientais. Suas aplicações são praticamente ilimitadas, com aplicações em todas as etapas do processo de gestão ambiental. As experiências catalogadas pela ciência, contudo, são majoritariamente voltadas para o processo de controle e monitoramento, a quarta etapa do processo gerencial.

Esses recursos monitoram as ações humanas, de outros seres vivos e clima sobre as florestas para coleta de dados, quantificação de extensão de manguezais, aplicação de esquemas de controle de

culturas e determinação de tensão de água para irrigação, dentre inúmeras outras aplicações.

Em termos metafóricos, os sensores ampliam a capacidade sensitiva humana para captar coisas que os sentidos naturais não possibilitam. Um drone, por exemplo, pode visualizar uma planta doente em meio a milhões de outras justamente por causa dos sensores. Tecnologias como esta já estão disponíveis para auxiliar no esforço de racionalização do uso dos recursos da natureza, de maneira que possamos garantir a continuidade da vida para as gerações futuras, mas sem esquecer de tornar mais isonômico o uso dos recursos que atualmente são retirados da natureza. Assim, garantir a vida futura é tão importante quanto tornar menos árdua a vida presente de milhões de

seres humanos que têm dificuldades para sobreviver. E até nisso os sensores podem nos ajudar com precisão e rapidez.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luis Fernando de. **Redes neurais artificiais aplicadas à manutenção baseada na condição**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2011.

ALVES, Lívia Maria. **Desenvolvimento de biossensor eletroquímico para detecção de glutamato**. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

ANGULO FILHO, Rubens. **Apontamentos das aulas de geoprocessamento-1er 210**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ANGULO FILHO, Rubens. **Apontamentos das aulas de sensoriamento remoto i-1er 831**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BIASOTTO, Glenda. Desenvolvimento de nanoestruturas e filmes de ZnO para aplicação como sensores e nanogeradores. Tese (Doutorado em Química). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2015.

BRAGA, Tiago Couto. Monitorização ambiental em espaços florestais com rede de sensores sem fios. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Redes). Universidade da Madeira, Funchal, 2010.

BUIATTI, Claudio Malagoni. Monitoramento de tubulações por técnicas computacionais on-line. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

CABRAL, Marco Antonio Leandro. Classificação automatizada de falhas tribológicas de sistemas alternativos com o uso de redes neurais artificiais não supervisionadas. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CALBO, A. G.; CORREA, D. S.; HERRMANN JUNIOR, P.S. P. Sensores para líquidos e

gases. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

CARDOSO, Eliton Ricardo. **Nanotubos de carbono decorados com óxido de ferro aplicados a sensores de gás**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018

CARMO, Alcione Moreira do et al. Análise de risco ambiental à erosão gerada a partir de produtos de sensores remotos: MDE Topodata e Landsat 8. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. João Pessoa, 25 a 29 abril 2015.

CICHERO, Matheus Costa. **Sensores à base de púrpura de bromocresol encapsulados em matrizes sólidas: aplicação na detecção de vapores alcalinos**. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

COELHO, Eugênio Ferreira; COELHO FILHO, Maurício Antônio; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COUTO, Leandro Nogueira. **Sistema para localização robótica de veículos autônomos baseado em visão computacional por pontos de referência**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012

CRUZ, Tadeu M. L. et al. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 33-45, 2010.

CUNHA, Thiago Boaventura; OKAMURA, Kevin Borges de Souza. **Notas de Aula de Elementos de Automação**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FARIA, Mateus Hufnagel Maranhã de et al. Estudo comparativo entre ferramentas de supervisão, controle e aquisição de dados e a importância destas para o ensino em engenharia. In: **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Belém, 3 a 6 setembro 2012.

FERNANDES, Cristina Isabel Duarte. **Desenvolvimento de Biossensores ISFET sobre substratos poliméricos**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Física). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

FERRARI, Jéferson Luiz. Avaliação de Geotecnologias para subsidiar o mapeamento do uso e cobertura da terra no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

FERRAZ FILHO, Braz da Silva. Agricultura de precisão em casas de vegetação: controle e gestão de cultivo em produção de mudas. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FRASSON, Flavia Roncato. Utilização de sensor ótico ativo em cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FREITAS, R. A. C. Sistema de visão para robôs móveis: uma aplicação ao reconhecimento de referências geométricas. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1999

GOMES, Alex Fukunaga. **Calibração e compensação de sensores de pressão piezorresistivos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GOMES, Anderson Ravanny de Andrade. **Avaliação de sensores ópticos para monitoramento da operação de semeadura em milho e soja**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2018.

GONÇALVES, Leonardo Correia. **Configuração interferométrica diferencial para medição de deformação e temperatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Redes). Universidade da Madeira, Funchal, 2010.

GUERRA, Saulo Philipe Sebastião. **Desenvolvimento de um sistema informatizado de menor custo para aquisição e armazenamento de dados de sensores analógicos e receptor GPS**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade

Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.

HENDGES, Elvis Rabuske. **modelos estocásticos da dinâmica da paisagem florestal e simulação de cenários para o estado do Rio Grande do Sul no período de 1988 a 2020**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001

INAMASU, Ricardo Yassushi et al. Acesso ao estado nutricional da cana-de açúcar por meio de sensor ativo de refletância. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**, São Pedro, ESALQ/USP, p. 1-7., 2006.

LADWIG, Nilzo Ivo. **O cadastro técnico multifinalitário e o sistema de informação geográfica para o planejamento e a gestão participativa e sustentada do turismo**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

LOPES, Cristiano Rafael et al. **Automação do processo de rebarbamento de peças utilizando**

um robô pneumático. Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de Fabricação). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

MENDONÇA, Lucas Gonçalves Dias. **Microsensor capacitivo para avaliação da qualidade de combustíveis automotivos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MENEZES, Frederico Duarte de. **Desenvolvimento de uma nova metodologia para a detecção de pesticidas aromáticos em meio aquoso, utilizando β -ciclodextrinas e quantum dots de CdTe incorporados em hidrogéis de agarose.** 2011. Tese (Doutorado em Química) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MOLIN, José P. et al. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 12, 2010.

MONTANHA, Gustavo Kimura. **Avaliação de um escarificador em função dos tipos de haste e profundidades de trabalho.** Tese (Doutorado em

Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal, 2013.

MONTANHA, Gustavo Kimura. **Avaliação do consumo energético no preparo de solo para a cultura do algodão irrigado.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2010.

MONTEIRO JUNIOR, Marcos. **Método de cálculo de trajetória de máquinas agrícolas utilizando processamento de imagens em smartphones.** Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015

OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva. Determinação da tensão de água em solo agrícola usando um sensor de dissipação de calor. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1417-1425, 1999.

OLIVEIRA, Etienne C. R.; ALBUQUERQUE, Célio V. N. Avaliação de protocolos de roteamento para redes ad hoc e RSSF aplicados à TV digital interativa e cidades digitais. In: **XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática**

(CLEI'2007), San José, Costa Rica, 9 al 12 octubre 2007.

OLIVEIRA, Sérgio Ferreira de. **Sensor de presença para semáforo inteligente de baixo custo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012.

ORLOF, Wagner de Camargo. **Condicionador universal de sinais para sensores automotivos**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Automobilística). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

PAPI, Maurício Alberto Poletti. **Construção e avaliação de eletrodo modificado com nanocompósito prata-polipirrol para a determinação de glicose**. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PINTO, Isabel. **Deteccão de hidrogênio em solução sólida em metais por variação das propriedades elétricas utilizando a técnica de efeito hall pulsado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PLÁCIDO, Marisol Elias de Barros. Sistemas robotizados de inspeção interna de dutos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PUERTA, Adriana Aparecida et al. Pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio: indicadores bibliométricos de produção científica entre 2001 e 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

QUEIROZ, Carolina Aparecida de Souza. Desenvolvimento e avaliação de pulverizador florestal com detecção eletrônica de plantas daninhas e aplicação em doses variáveis. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2005.

RODRIGUES, Stanley Endrigo Bilatto et al. Desenvolvimento de plataformas nanométricas híbridas baseadas em polímero/enzima visando aplicações em biossensores. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SANO, Edson Eyji et al. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, 25 a 30 abril 2009.

SANTOS, Edinéia Aparecida dos. **Utilização de equações diferenciais parciais no tratamento de imagens orbitais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2002.

SANTOS, Ivairton M.; DOTA, Mara A.; CUGNASCA, Carlos E. Visão geral da aplicabilidade de redes de sensores sem fio no monitoramento agrícola no estado de Mato Grosso. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão-ConBAP**, Ribeirão Preto, 17 a 29 setembro 2010.

SILVA, Artejose Revoredo da. **Sistema inteligente de controle e monitoramento de ambiente de laboratórios de análises químicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SILVA, Maurício Alves da. **Geotecnologia aplicada ao ordenamento territorial do município de Porto Nacional, Tocantins**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVA, Patrícia Rodrigues da. **Técnicas de sensoriamento remoto e radiometria aplicadas a vinhedos em duas regiões do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SILVA, Ranilson Angelo da. **Estudo morfológico e de transporte eletrônico em nanoestruturas de ZnO para aplicações em sensor**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2016.

SILVA, Raquel Radde da. **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SILVEIRA, Pericles. Detecção de alterações na cobertura vegetal ocasionadas pela expansão urbana em uma região do litoral paranaense, através de técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

SIRTOLI, Angelo Evaristo. Detecção da expansão de área de mineração através de técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

TEPLOV, Sergey. SmartLight: design inclusivo: sistema luminoso inteligente para o controlo de tráfico de veículos e de peões na estrada. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade de Évora, Évora, 2017.

TITON, Wagner. Ensino de Conceitos de Programação Utilizando a Robótica Educacional, apoiada na plataforma Arduino: uma aplicação

no curso de aprendizagem industrial em Informática. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada). Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2017.

TUZINE, Mário Sebastião. Mapeamento da cobertura e uso da terra a partir de imagens Ikonos na Floresta de Inhamacari, Província de Manica-Moçambique. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

VIEIRA, Carolina Haddad Souza Dias. Estudo da dinâmica de cobertura vegetal de Curitiba-PR com uso de imagens digitais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

Capítulo 11

PROCESSO DE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Pamela de Melo Renda

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: pamrenda@gmail.com

Monique Elza da Silva e Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: moniquetoni15@gmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

A coleta seletiva de lixo já é uma realidade em praticamente todo o mundo, como mostram os estudos de Mesjasz-Lech (2021), Ferronato et al. (2021), Llanquileo-Melgarejo et al (2021), Estay-Ossadon, Mena-Nieto e Santos (2021), Azevedo et al. (2021), Aslam et al. (2021) e Martin et al. (2021), dentre inúmeros outros. Mas isso não significa que o mundo todo pratica efetivamente a seleção dos diferentes tipos de resíduos para o devido tratamento e reaproveitamento. Essa prática, na verdade, apenas tem começado em muitos países, enquanto outros já se encontram em estágio mais avançado. E esse avanço, por outro lado, não significa abarcar todos os tipos de lixo, mas apenas alguns poucos, como é o caso das latas de metal e

os metais, de forma geral, por terem mais valor comercial.

É necessário ampliar tanto o escopo da coleta seletiva, envolvendo mais tipos de lixo, quanto sua universalização, levando essa prática para todos os tipos e tamanhos de localidades em todo o planeta, em todos os países. Contudo, para isso, o conhecimento é fundamental. Neste sentido, este estudo teve como objetivo descrever o processo de coleta seletiva de resíduos sólidos reconstituindo seu estado da arte. Está organizado da seguinte forma: primeiro será mostrada a amplitude do fenômeno coleta seletiva, para depois serem descritas cada etapa do processo. A conclusão mostra que essa metodologia de tratar com adequação os resíduos é uma tecnologia que

precisa ser universalizada, dados os resultados benéficos que tem gerado para as comunidades que a utilizam.

COLETA SELETIVA: TERMOS DE EQUIVALÊNCIA

Moraes e Leal (2006) e Bringhenti (2004) definem a coleta seletiva como um sistema. Desta forma, o sistema é um conjunto de elementos que interagem entre si seguindo determinadas regras que conduzem a um objetivo proveniente das atividades humanas. Os materiais que serão destinados à coleta passam por um procedimento de separação em sua origem seguindo as características da tipologia do resíduo presente.

Conforme a interpretação determinada por Marcos (2019), a coleta seletiva pode ser uma

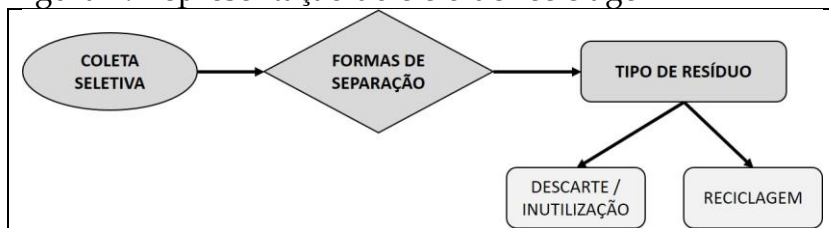
segregação dos materiais gerados em um ambiente de consumo humano. Esses materiais são provenientes dos resíduos sólidos urbanos que podem ser coletados e em sequência, podem ser recicláveis. Contudo, a teoria proposta por Souza (2014), afirma que é uma forma de reaproveitamento de vários materiais decorrentes das atividades humanas.

A partir desta afirmação, o autor destaca que a prática contínua deste reaproveitamento enfoca não apenas em questões paliativas e/ou parâmetros corretivos, bem como em ações sustentáveis gradativas. Cançado, Barbosa e Barbosa (2011) definem a coleta seletiva como a correta separação de resíduos. De acordo com o autor há os diferentes recipientes para a coleta, e

consequentemente esses resíduos são encaminhados a um processo de reciclagem para fins comerciais. Estudos coletados por Almeida e colaboradores, 2016), selecionar o lixo gerado pelo homem é uma atividade de separar os materiais que podem ser reaproveitados.

A ação de coletar é poder reaproveitar ou reciclar os resíduos sólidos. A explicação de Viola (2012) sugere a coleta seletiva como uma etapa de separação dos materiais recicláveis. Entende-se que a coleta seletiva perpassa algumas etapas e a primeira é o processo de separação de resíduo recicláveis previamente separados na fonte geradora, como representado na figura 1.

Figura 1: Representação do ciclo de reciclagem



Fonte: elaborado pelos autores.

A coleta seletiva é uma forma de separação dos resíduos pré-estabelecidos, tais resíduos provenientes do consumo humano, a atividade de separação ocorre na fonte geradora. Souza (2014) considera uma forma de caráter emergencial, coletar seletivamente o lixo. Com isso esta ação busca a sustentabilidade selecionando e reaproveitando os resíduos.

Conforme explicam Moraes e Leal (2006) e Bringhenti (2004), os resíduos recicláveis são previamente separados. Os resíduos do sistema de

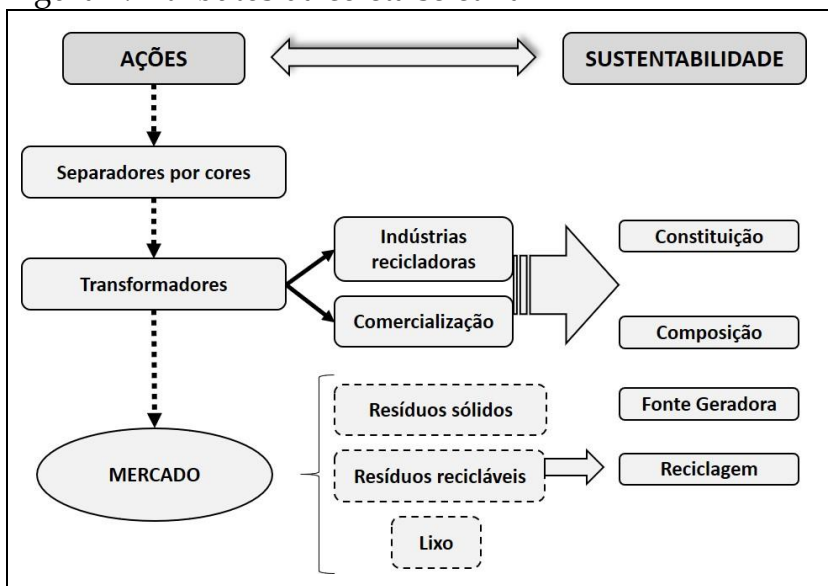
coleta são: plásticos, vidros, metais e papéis, os referidos materiais são coletados em baldes de lixo reciclados, divididos por cores. Empresas de reciclagem coletam o lixo mediante solicitação da fonte geradora e distribui de volta ao mercado como produtos provenientes de materiais reciclados.

COLETA SELETIVA: ATRIBUTOS

A tipologia dos resíduos pode ser dividida em determinados recipientes ou balde de lixos (CANÇADO; BARBOSA; BARBOSA, 2011). Os resíduos, após serem organizados, são encaminhados para fins recicláveis em seguida são comercializados. Assim também afirma Almeida (2016), em que a coleta seletiva é uma atividade que tem como objeto reaproveitar o lixo gerado

pelas ações humanas. Mas, para Viola (2012), é um processo com etapas a serem cumpridas e a primeira delas é a própria coleta dos materiais recicláveis, separando os resíduos sólidos urbanos e os resíduos orgânicos compostáveis.

Figura 2. Atributos da coleta seletiva



Fonte: elaborado pelos autores.

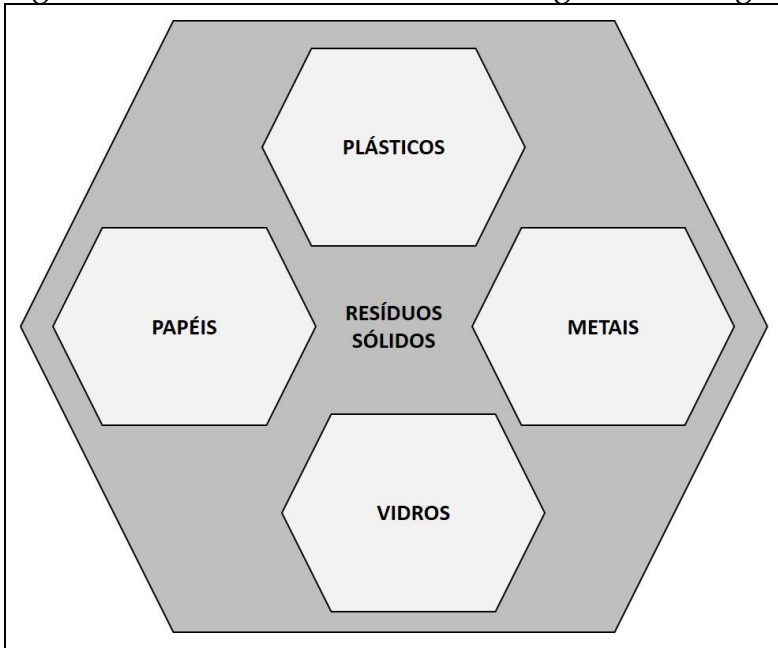
De acordo com a representação contida na figura 2, é possível observar que as ações desenvolvidas dentro do âmbito da coleta seletiva são destinadas à sustentabilidade, harmonizando o meio ambiente com o homem. Cada ação tem uma significância peculiar, pois a partir da separação dos resíduos coletados em suas classificações visuais promovem a fase inicial do processo de separação destes resíduos ora por cores, que já enfatizam sua classificação por critério de transformação. Por esse critério, os resíduos podem ser destinados às indústrias recicladoras ou ainda à comercialização propriamente dita. Os critérios a serem adotados focam principalmente na constituição e composição dos resíduos coletados. Todavia, o mercado estabelece que a coleta seletiva seja um

ato de recolhimento de todos os tipos de resíduos passíveis de beneficiamento (resíduo urbano e orgânico), sendo coletados em sua fonte geradora.

Contudo, a partir do momento em que os resíduos coletados não apresentarem essa característica, não podem ser destinados à reciclagem. Pougando os recursos naturais, diminuindo o impacto ambiental. Logo, sua denominação e classificação se enquadram em lixo, não sendo passíveis de quaisquer fins de benefícios que promovam a sustentabilidade. Requer necessariamente o envolvimento dos cidadãos. O lixo é um produto descartado, sem utilidade, proveniente de trabalhos domésticos que não podem ser reaproveitados. A separação

ocorre em conformidade com a tipologia resíduos sólidos sintetizada na figura 3.

Figura 3. Resíduos sólidos: natureza orgânica e inorgânica



Fonte: elaborado pelos autores.

Almeida (2016) afirma que separar o lixo, reaproveitar e reciclar são ações da coleta seletiva. Separar é uma forma de selecionar os resíduos

recicláveis dos não recicláveis, ou seja, colocar em determinados recipientes apenas os materiais de possíveis transformações. Os materiais recicláveis são oriundos de resíduos descartados como objeto de alteração no processo de coleta. Transformados assim em novos produtos postos ao mercado para comercialização e voltar para o consumo humano.

Os resíduos sólidos urbanos geralmente são provenientes do consumo humano como em empresas, residências e via pública. Subdivididos em orgânicos e inorgânicos, os de natureza orgânicos são o papel, material feito da madeira de uma árvore; plásticos, cuja matéria prima é o petróleo; e vidros, em que sua principal matéria prima é a areia. Com relação à natureza inorgânica dos resíduos, podemos ter os seguintes tipos:

metal natural originário dos vários tipos de minério, entre eles ferro, cobre e estanho; e isopor, originário da indústria petroquímica, geralmente consequência da espuma do poliestireno. Como visto na figura 3, todos os resíduos sólidos urbanos têm como matéria prima principal a natureza.

PROCESSO DE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Bernardi et al. (2010), o termo processo se refere à execução de uma atividade. A teoria preconizada pelo autor destaca que quaisquer atividades podem ser consideradas como um processo específico, no qual também pode ser considerada como uma ferramenta que possa conceber um parâmetro de fluxo de processos em uma atividade determinada. O autor

salienta que ao aplicarmos a ideologia de processo em uma atividade produtiva tem-se uma proposição de fluxo de processos estabelecendo as relações de input e output promovendo agregação de valor resultante do desenvolvimento de sua cadeia de processos. Nesta concepção, destaca-se de igual maneira, o reflexo desta relação no cliente ora interno que recepcionam tais resultantes de processos dentro de um ambiente ora externo, com um leque de processos conjugados.

A partir desta reflexão é possível inferir que todas as atividades executadas em fluxo que promovam as fundamentações de entrada e saída em um determinado ambiente podem ser consideradas processo. Bernardi et al. (2010) destacam ainda que esta parametrização de

processo é obtida a partir da transformação dos recursos existente dentro do ambiente em um produto gerando resultados no decorrer do fluxo que atendam aos requisitos demandados até o cliente externo agregando valor e resultados concisos.

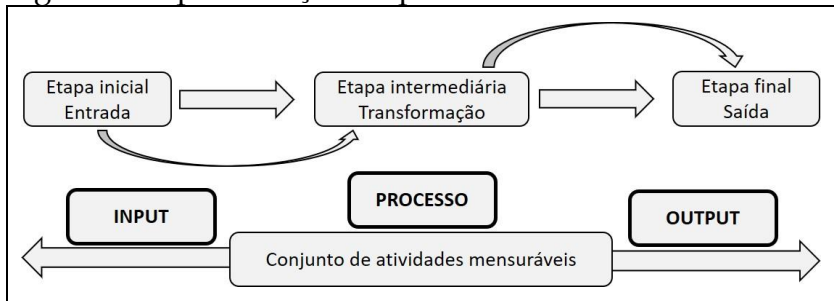
Para Roczanski (2009), o processo é um conjunto de atividades. Em sua concepção, este conjunto advém de um compilado de ações executadas em prol da obtenção de um propósito a ser alcançado quando deparado com um parâmetro em questão. As ações nesse sentido podem ser metrificadas a partir de um marco que determina as resultantes necessárias para o atendimento deste processo desencadeado. A teoria supracitada foi consolidada por Jaguaribe e

Mariano Filho (2000) juntamente com as disposições de Biazzzi, Muscat e Biazzzi (2011) quando da fundamentação do conjunto de atividades que interagem de forma totalmente estruturada, e que destes são gerados resultados que se perfazem em medidas destinadas a atender um mercado e/ou mesmo cliente específico.

De acordo com Araújo (1997), processo pode ser definido como um conjunto de operações. De acordo com a interpretação do autor, o processo atua como uma linha de ações parametrizadas constituídas por várias etapas, com finalidade a alcançar um objetivo em determinado prazo de execução. Essas ações estão interligadas ao desenvolvimento de informações agindo desde

sua origem até ao seu uso propriamente dito. A figura 4 mostra o esquema dessas etapas.

Figura 4. Representação do processo de coleta seletiva



Fonte: elaborado pelos autores.

A coleta seletiva perpassa por diferentes etapas. Literaturas consistentes comprovam a que o processo de reciclagem está interligado com a educação ambiental e a logística. Conforme Ribeiro e Lima (2000), o lixo passa por um processo de exclusão para em seguida iniciar a primeira etapa.

Segundo o autor a primeira etapa é a separação prévia na fonte geradora. Em que os resíduos orgânicos, inorgânicos e os impossíveis de reaproveitamento são separados em recintos domiciliar ou em empresas. O caminhão de coleta seletiva recolhe de porta em porta, mediante solicitação antecipada.

Estudos analisados por Schirmer et al. (2009) afirmam que a coleta seletiva perpassa por uma estrutura de etapas diferenciadas. Desta forma a seleção dos resíduos é a primeira fase no processo de coleta. A seleção pode ser definida, segundo Jannuzzi, Vasconcellos e Souza (2011), como um segmento.

Este elemento de segmento localiza-se dentro de um grupo extenso em que ocorre a

necessidade de ser selecionado dependendo da linha de processo e sua finalidade, baseado em uma caracterização particular. Barbaro (2006) sugere a seleção como um processo natural ou artificial. Assim ocorre a distinção do indivíduo, objeto ou resíduo que dependendo do objetivo final mais se adapta ao processo, como sintetizado no quadro 1.

Quadro 1. Causador de resíduos e meio de recolhimento

Fonte Geradora	Residências Empresas Instituições Outras fontes
Recolhimento dos resíduos	Cooperativas Recicladoras Terceirizadas

Fonte: elaborado pelos autores.

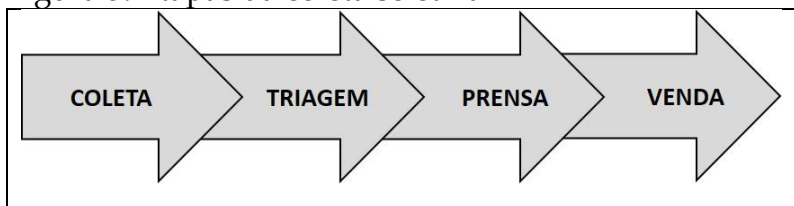
Os resíduos sólidos urbanos são decorrentes das atividades humana, tanto de pessoa física

quanto pessoa jurídica. Constantemente se produz lixo, ao fazer uso de materiais como papel, plástico, vidro e alimentos (orgânicos), resíduos estes de origem animal ou vegetal. O ser humano produz lixo demasiadamente sem a preocupação dos impactos negativos na natureza, geralmente e infelizmente ainda é despejado incorretamente no meio ambiente. Mas quando há um processo de coleta seletiva, o lixo reaproveitável tem uma finalidade.

Assim se inicia a logística da coleta. Os resíduos são produzidos pelas ações e necessidades de residências, empresas e instituições educacionais. O lixo é recolhido por cooperativas de reciclagem, onde ocorre um

processo de tratamento antes de vender às empresas recicladoras.

Figura 5. Etapas da coleta seletiva



Fonte: elaborado pelos autores.

As etapas da coleta seletiva estão representadas na figura 5. São elas: a) Coleta: os catadores contratados pelas cooperativas, recolhem o lixo reciclável como alumínio, papel, plástico, e vidro; b) Triagem: após chegar às cooperativas os materiais são separados e são colocados em recipientes de acordo com o tipo de cada material; c) Prensa: o material separado é prensado em grande quantidade; e d) Venda: essa

parte da etapa os materiais depois de separados e prensados, são vendidos para empresas recicladoras, dando início ao processo de reciclagem.

A coleta seletiva é a primeira e mais importante etapa da reciclagem, principalmente porque ela é um fragmento de educação ambiental. Considerando a afirmação de Andrade Júnior, Souza e Brochier (2004), a educação ambiental é definida como um processo com critérios. Este processo engloba questões socioambientais, ecológicas, éticos nos princípios educativos com a finalidade de construir uma nova forma de pensar e compreender as complexidades ambientais e humanas bem como suas inter-relações de equilíbrio natureza-homem.

Desenvolver uma população que seja consciente sugere Marcato (2002) como definição de educação ambiental, sendo um processo de busca por conhecimento social em que se adquira a consciência de como preservar o meio ambiente e equilibrar o convívio. Como afirmam Panquestor e Rigueti (2008), sendo um processo de reconhecimento de valores. Desta forma as leituras apontam a educação ambiental como sendo um processo de conhecimento e conceitos que auxiliam a mudança de hábitos e atitudes que englobam um único objetivo, preservar o meio ambiente promovendo ações sustentáveis do ser humano para com a natureza.

CONCLUSÃO

Este estudo descreveu o processo de coleta seletiva de resíduos sólidos como uma das tecnologias mais importantes para o meio ambiente. Considera que esta segregação é um dos fatores de risco que contribui para degradação ambiental, principalmente porque compromete a saúde humana. A coleta e separação correta dos resíduos é uma sustentabilidade fundamental no planeta, pois ameniza os impactos ambientais, não atinge a saúde humana e gera fonte de renda para contribuir economicamente no mundo. Atualmente em diversos países opta-se por usar produtos sustentáveis.

Quando o assunto é investimento em produtos sustentáveis, no momento atual muitas empresas do polo industrial de Manaus estão

investindo em produtos reciclados bem como tecnologias que possa contribuir na redução dos impactos ambientais. A Amazônia por ser considerada o pulmão do mundo é necessário haver mais pesquisas e práticas de coleta de resíduos sólidos com a finalidade de obter-se produtos reciclados e diminuir a degradação dos rios e florestas

A coleta seletiva de resíduos é de intensa preocupação mundial. Segundo os estudos determinados por Zevzikovas (2007), a coleta destes materiais se refere à prática cotidiana, no qual o mesmo pode ser igualado aos preceitos de gerenciamento de todos os resíduos porventura gerados. A partir disto, a filosofia empregada deve fazer parte de uma campanha que promova o

envolvimento de todos os agentes em determinada área e/ou localidade. Em termos globais, a ação de coletar resíduos tem uma conotação essencialmente de instrumento de gestão, pois a geração destes impacta diretamente na produção destinada aos aterros e/ou lixões como também na atividade de conscientizar. É fato que os resíduos têm um significativo grau de poluição ao meio ambiente. Acredita-se que a capacidade de absorção destes resíduos está cada vez mais comprometida já que o descarte desse material ocorre de uma forma ainda incipiente em determinadas localidades. A condição de existência humana depende da forma como gerenciamos a coleta de resíduos ora a partir de implantação de projetos mais sustentáveis ora de uma vivência diária no que tange à produção de

resíduos. De fato, se observarmos mais a gradativa produção de resíduos temos que mundialmente já é realizada a coleta seletiva. Entretanto, deve-se atuar no campo da conscientização um processo em longo prazo, mas que apresenta bases sólidas para implantar ações que voltem a idealização de ação preventiva de danos ao meio ambiente

A importância da implantação de um processo voltado para a coleta seletiva bem como os resíduos torna-se vital para a região da Amazônia uma vez que pode ser um parâmetro de êxito ao poder de gestão municipal tanto da capital quanto dos municípios mais distantes que sofrem com esta problemática. Quando da adoção desta prática diária, a questão do descarte de resíduos sólidos promove uma melhoria significativa tanto

na qualidade de vida dos habitantes, na infraestrutura turística local, no desenvolvimento sustentável de atividades econômicas quanto para a perpetuação do meio ao qual extrai-se os recursos destinados à sobrevivência. No ambiente amazônico, a gestão de coleta de resíduos ainda é uma temática a ser consolidada principalmente no que se refere às consequências advindas pela degradação assim como de sua potencialidade perante o microambiente em epígrafe.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Valéria Gentil et al. Meio ambiente, população e gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU): Estudo de caso de Perus/SP. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 5, n. 1, p. 186-212, 2016.
- ANDRADE JÚNIOR, Hermes de; SOUZA, Marcos Aguiar de; BROCHIER, Jorgelina Ines.

Representação social da educação ambiental e da educação em saúde em universitários. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 17, n. 1, p. 43-50, 2004.

ARAÚJO, Eliany Alvarenga de. Transferência de informação como processo social: uma proposta de paradigma. **Inf. & Soc.: Est**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 68-73, jan./dez. 1997.

ASLAM, Shiza et al. Application of material flow analysis for the assessment of current municipal solid waste management in Karachi, Pakistan. **Waste Management & Research**, p. 1-10, mar. 2021.
<https://doi.org/10.1177/0734242X211000427>.

AZEVEDO, Bruno Duarte et al. Improving urban household solid waste management in developing countries based on the German experience. **Waste Management**, v. 120, p. 772-783, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.001>.

BÁRBARO, Ivana Marino. **Análises genéticas em populações de soja com precocidade e resistência ao cancro da haste**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 297-316, 2010.

BIAZZI, Monica Rottmann de; MUSCAT, Antonio Rafael Namur; BIAZZI, Jorge Luiz de. Modelo de aperfeiçoamento de processos em instituições públicas de ensino superior. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, p. 869-880, 2011.

BRINGHENTI, Jacqueline Rogéria. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**: aspectos operacionais e da participação da população. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CANÇADO, Grazielle Araujo Lopes; BARBOSA, Larissa Paula Jardim de Lima; BARBOSA, Flávio Henrique Ferreira. Percepção dos moradores do bairro Novo Oriente quanto aos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos no município de Luz-MG. **Ciência Equatorial**, v. 1, n. 2, 2011.

ESTAY-OSSADON, Charles; MENA-NIETO, Angel; DOS SANTOS, Sergio Pereira. Will the Balearics and the Canary Islands meet the European Union targets for municipal waste? A comparative study from 2000 to 2035. **Science of The Total Environment**, p. 147081, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147081>.

FERRONATO, Navarro et al. Assessment of municipal solid waste collection in Bolivia: Perspectives for avoiding uncontrolled disposal and boosting waste recycling options. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 167, n. 4, p. 105234, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105234>.

JAGUARIBE, Marcos Eduardo Andrezza; MARIANO FILHO, Luiz Gonzaga. Determinação da maturidade de processos em empresas certificadas pela NBR ISO 9001: 2000, como um indicador da gestão por processos. **III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia-SEGeT**, Resende, 2000.

JANNUZZI, Anna Haydée Lanzillotti; VASCONCELLOS, Alexandre Guimarães; SOUZA, Cristina Gomes de. Especificidades do

patenteamento no setor farmacêutico: modalidades e aspectos da proteção intelectual. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, p. 1205-1218, 2008.

LLANQUILEO-MELGAREJO, Paula et al. Evaluation of the impact of separative collection and recycling of municipal solid waste on performance: An empirical application for Chile. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 2022, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13042022>.

MARCATTO, Celso. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: Feam, 2002.

MARCOS, Claudia Batista. **A contribuição das parcerias público privadas para o trabalho dos catadores de resíduos sólidos urbanos na cidade de Rio Grande da Serra - São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

MARTIN, Eduardo JP et al. Life cycle comparative assessment of pet bottle waste management options: A case study for the city of Bauru, Brazil. **Waste Management**, v. 119, p. 226-234,

2021.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.041>.

MESJASZ-LECH, Agata. Municipal Urban Waste Management – Challenges for Polish Cities in an Era of Circular Resource Management. **Resources**, v. 10, n. 6, p. 55, 2021. <https://doi.org/10.3390/resources10060055>.

MORAES, F., Klenia Silva; LEAL, Antonio. Coleta seletiva no município de Martinópolis-SP. **Anais do VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física**, Coimbra, 26 a 30 maio 2006.

PANQUESTOR, Evandro Klen; RIGUETTI, Norma Kelen. Percepção ambiental, descaso e conservação: uso da geoinformação no estudo de áreas verdes públicas em Carangola-MG. **IV Encontro das Anppas**, Brasília, 4 a 6 junho 2008.

RIBEIRO, Túlio Franco; LIMA, Samuel do Carmo. Coleta seletiva de lixo domiciliar-estudo de casos. **Caminhos de geografia**, v. 1, n. 2, p. 50-69, dez. 2000.

ROCZANSKI, Carla Regina Magagnin. Gestão de processos em ambientes universitários: o exemplo

da Unicamp. **IX Colóquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul**, Florianópolis, 25 a 27 novembro 2009.

SCHIRMER, Waldir Nagel et al. Avaliação de implantação da coleta seletiva em municípios de pequeno porte-estudo de caso da cidade de Irati (PR). **Tecno-Lógica**, v. 13, n. 1, p. 46-51, 2009.

SOUZA, Vamberto Oliveira de. Educação Ambiental na efetivação de práticas ecológicas: um estudo de caso sobre práticas ecológicas e coleta seletiva na Universidade Estadual da Paraíba. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)** v. 9, n. 2, p. 364-375, 2014.

VIOLA, Natália Martin. **Produção e caracterização física e mecânica de compósito plástico-madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2012.

ZEVZIKOVAS, R. Reciclagem econômica. **Gestão de Resíduos**, São Paulo, n. 11, p. 16-21, nov./dez. 2007.

Capítulo 12

CICLO E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS SUSTENTÁVEIS

Erika Ferreira Gama

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email : efg.eng17@uea.edu.br

Otanael Barbosa de Brito

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: otanaeu@hotmail.com

Daniel Nascimento-e-Silva

Instituto Federal do Amazonas
Campus Manaus Distrito Industrial
Email: danielnss@gmail.com

INTRODUÇÃO

A produção científica sobre os produtos sustentáveis tem crescido a cada ano. Apenas na base de dados Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>), até junho de 2021, em inglês aparecem 1.470 estudos e em português são 139. Esses estudos cobrem inúmeras áreas e aspectos da realidade, mas grande parte está voltada para a percepção de *stakeholders*, principalmente as preferências, impactos e percepção dos consumidores (ZHANG; WANG, 2021; LI et al, 2021; ALTINTZOGLOU; HONKANEN; WHITAKER, 2021; XU; JIN; FU, 2021; KAHUPI et al, 2021; ASLAM; FARHAT; ARIF, 2021; CARTER; JAYACHANDRAN; MURDOCK, 2021). Essa constatação é decorrente do fato de que os interessados ainda precisam

conhecer a diferença entre os produtos sustentáveis e os que não o são. A razão disso é que ainda pairam inúmeras dúvidas na mente dos indivíduos acerca da inovação que esses produtos representam, especialmente a sua adequação em relação aos desafios da sustentabilidade.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo explicar o ciclo e as características dos produtos sustentáveis no afã de torná-los mais conhecidos e, com isso, sua aceitação por parte dos seus diversos públicos interessados. Para isso, primeiro é apresentado o escopo conceitual dos produtos sustentáveis, depois suas características são descritas a partir de seus respectivos tipos e em seguida cada etapa do ciclo desses produtos é mostrada e explicada. A conclusão mostra que é

preciso conhecer o ciclo dos produtos sustentáveis para que se possam identificar as vantagens e desvantagens de adotá-los.

O QUE SÃO PRODUTOS SUSTENTÁVEIS?

Tavares (2011) mostra que produtos sustentáveis podem ser definidos como oferta de benefícios ambientais. Essa ideia, abrange aspectos sociais e econômicos, ou seja, se preocupa com as questões de saúde pública, ambiente e bem-estar social. Pois, os produtos sustentáveis são projetados para que haja danos mínimos ao meio ambiente, então desde a extração da matéria prima até o seu descarte final, as etapas são pensadas e executadas de uma maneira mitigadora relacionada aos danos. A autora ainda acrescenta,

que esse conceito, engloba os benefícios direcionados ao aumento no número de itens reciclados e economia no seu processo de fabricação, onde são reduzidos o consumo de energia e água nas produções.

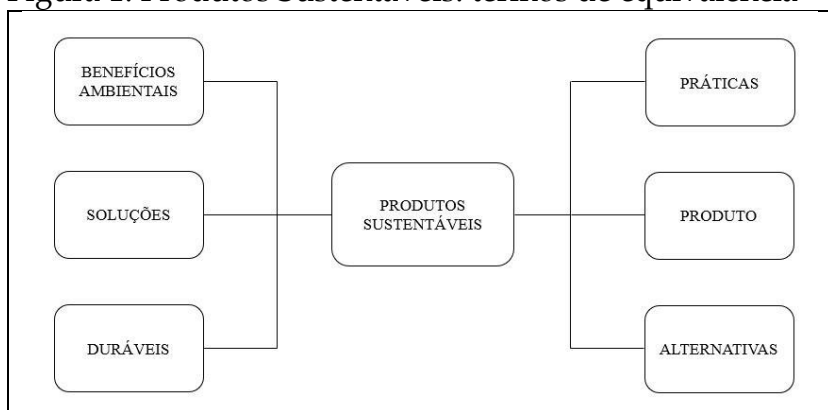
Nas abordagens de Marx e Paula (2011) e Fernandes, Canciglieri Júnior e Sant'Anna (2017), os produtos sustentáveis podem ser definidos como soluções, que devem atender as necessidades e demandas sociais. Como resultados haverá a minimização dos impactos negativos e a maximização dos impactos positivos em todas as esferas, seja ela social, ambiental, econômica e ética ao longo de toda a sua vida útil e não útil. Dessa forma, o equilíbrio entre manter um produto no mercado e minimizar os danos ao meio ambiente,

deve ser pensado durante todo o seu processo de fabricação com o propósito de atender as necessidades do mercado e a satisfação do cliente, além de auxiliar na redução de impactos ambientais.

Outro conceito para produtos sustentáveis é o de Moura (2013), que afirma que eles podem ser definidos como duráveis, tendo em vista que consomem menos energia durante a sua fabricação. No que concerne à sua produção, Jabbour e Santos (2007), dão seu conceito afirmando que os produtos sustentáveis podem ser definidos como práticas em que as questões ambientais são integradas no processo de desenvolvimento de um produto, tornando essa prática eficiente e duradoura para o consumidor.

Dentre os conceitos associados aos produtos sustentáveis, está o conceito apontado por Gebisa e Lemu (2017) e Varandas Junior (2014) que definem os produtos sustentáveis como um produto, sendo esse produto responsável por oferecer o menor impacto possível ao meio ambiente durante o seu ciclo de vida. Em outras palavras, os mesmos possuem vertentes ambientais empregadas em todo o processo de desenvolvimento do produto, contribuindo para um ambiente mais sustentável ao longo da sua vida. Por fim, Fuller e Ottman (2004) definem os produtos sustentáveis como alternativas com atributos ecológicos positivos que mesmo ao fim de sua vida útil causarão danos mínimos ao meio ambiente, principalmente no seu processo de decomposição.

Figura 1. Produtos Sustentáveis: termos de equivalência



Fonte: elaborado pelos autores.

Como mostra a figura 1, são ilustrados os termos de equivalência associados aos conceitos abordados sobre os produtos sustentáveis. Dentre todos os conceitos, os termos benefícios ambientais elaborado por Tavares (2011) estão integrados em todos os outros, sejam eles práticas, soluções, produto, duráveis e alternativas. Nesse sentido, vemos que esses conceitos estão sempre ligados as

políticas ambientais, sociais e de saúde pública que englobam durante o processo de desenvolvimento de um produto sustentável vertentes ambientais, pensado em todo o ciclo de vida do produto, desde a extração de matéria prima, até a sua decomposição.

Diante dos conceitos explanados, são empregados alguns atributos a essas definições, dentre eles Tavares (2011), relaciona os produtos sustentáveis a duas características similares, que integram umas às outras, sendo a primeira voltada para os benefícios ao meio ambiente e a segunda direcionada à benefícios sociais, políticos e econômicos. Dessa forma vemos que esses atributos englobam vantagens que favorecem campos da sociedade que, nesse contexto, não são

isolados e sim trabalhados em conjunto para beneficiar a saúde do meio ambiente e conseqüentemente a saúde pública.

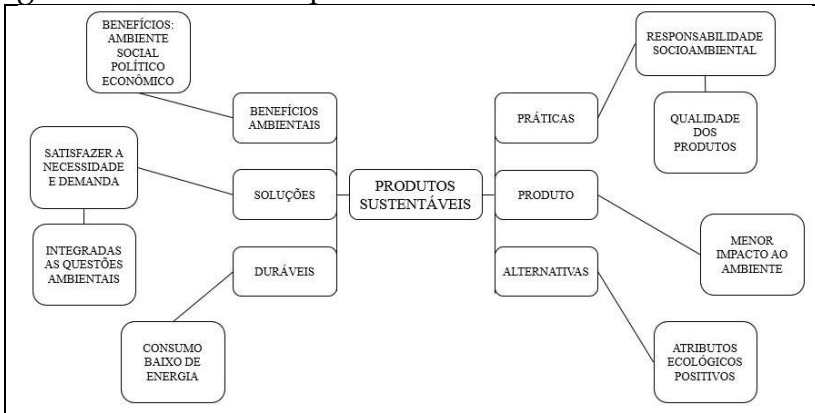
Em relação a produção de produtos sustentável e a sua influência econômica, Marx e Paula (2011) e Fernandes, Canciglieri e Sant'Anna (2017) apontam que os produtos sustentáveis possuem como atributo satisfação de necessidades e demandas integradas as questões ambientais. Ou seja, em meio ao processo de produção de um produto sustentável, três aspectos devem ser agregados, são eles: a satisfação dos clientes, o atendimento das demandas sociais e a integração das questões ambientais. Com isso, serão alcançados os objetivos da empresa de maneira satisfatória por meio da qualidade do produto com

a contribuição para a promoção de um ambiente sustentável.

No que concerne aos atributos voltados para o seu desenvolvimento, Moura (2013), afirma que os produtos sustentáveis são a melhor tecnologia disponível atualmente, pois são duráveis e consomem menos energia, sem que haja a perda de qualidade e comercializado de maneira socioambiental responsável. Jabbour e Santos (2007) corroboram essa ideia, atribuindo aos produtos sustentáveis a responsabilidade socioambiental e a qualidade dos produtos, de forma que o planejamento e a execução correta das fases de fabricação de um produto sustentável, garantem que, de menor a maior escala, haja chances de mudanças ambientais significativas.

Gebisa e Lemu (2017) e Varandas (2014) concordam que se tratando dos atributos de um produto sustentável, deve haver um consentimento que eles são produzidos para que haja o menor impacto possível ao meio ambiente, pois a sua projeção foi criada para esses fins. A minimização dos impactos sobre o meio é a base para a síntese dos produtos sustentáveis de maneira a beneficiar os três pilares da sustentabilidade – social, econômico e ambiental. Logo, Fuller e Ottman (2014) complementam essa afirmação abordando que esses impactos mínimos gerados no processo de fabricação de um produto sustentável, são os atributos ecológicos positivos englobados dentro dessa minimização, onde há um gerenciamento aprimorado dos resíduos após o término de sua vida útil.

Figura 2: Atributos de produtos sustentáveis



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 2 exibe os atributos dos produtos sustentáveis. Tavares (2011) aborda como atributos os pilares da sustentabilidade - ambiente, social, político e econômico - relacionados ao conceito de benefícios ambientais. Marx e Paula (2011) e Fernandes, Canciglieri e Sant'Anna (2017) destacam como atributos a satisfação de necessidades integradas as questões ambientais como soluções para o êxito dos

produtos sustentáveis no mercado. Moura (2013), ressalta como característica do termo durável, o baixo consumo de energia que contribui em favor do ambiente. Jabbour e Santos (2007) apontam a responsabilidade socioambiental e a qualidade dos produtos aliado aos termos práticas. Gebisa e Lemu (2017) e Varandas (2014) declaram a associação do termo a menor impacto e, por fim, Fuller e Ottman (2014) discorrem sobre os atributos ecológicos positivos como aspectos do tema.

PRODUTOS SUSTENTÁVEIS: CARACTERÍSTICAS

Costa (2010) diz que os produtos sustentáveis podem ser classificados em quatro tipos: os produtos reutilizáveis e reciclados, os

derivados de materiais reciclados, os de baixo consumo energético e os produtos ecológicos. Nessa classificação os materiais recicláveis e reutilizáveis, são comumente confundidos, mas esses tipos de produtos sustentáveis apresentam distinções bem marcante. Com isso, temos que os materiais recicláveis são produtos sustentáveis que esgotaram sua vida útil e geraram ou irão gerar novos produtos, enquanto os produtos reutilizáveis são aqueles que ao serem utilizados ao máximo em uma função, passam a ser aproveitados em uma função diferente do que foi fabricado para fazer, sem perder as suas características principais.

Dentre os produtos sustentáveis considerados derivados de fontes renováveis,

Costa (2010) os define como sendo oriundos de madeiras ou bambus, e que o tempo para a renovação da espécie seja maior que o seu consumo pelas empresas. Os produtos fabricados com baixo consumo energético também são sustentáveis, pois durante o seu processo de fabricação há um menor gasto de energia, contribuindo para a redução na emissão de Gases de Efeito Estufa. Por fim, os produtos sustentáveis ecológicos definidos como materiais que são utilizados na fabricação de produtos de origem ecológicas e/ou biológicas, o que está diretamente ligado ao produto ser “verde”.

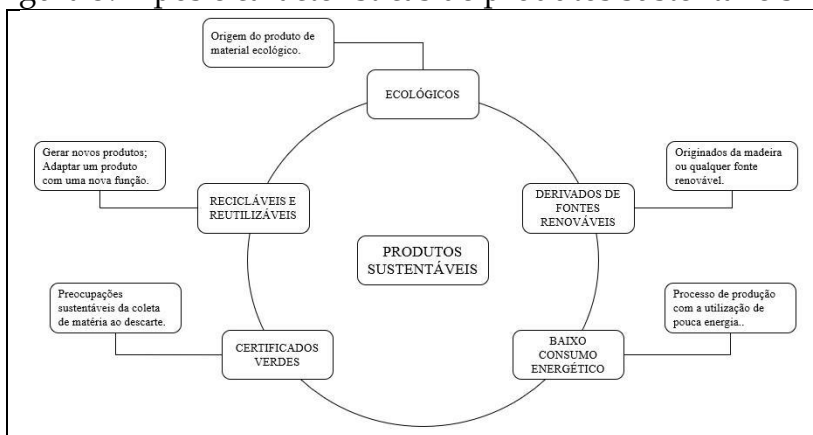
Nessa linha de pensamento, Pereira, Viana e Alves (2019), caracterizam os produtos sustentáveis como produtos com certificados

verdes. Com isso, entende-se que os produtos “verdes” possuem preocupações sustentáveis relacionadas a eficiência energética, gestão de resíduos, gerenciamento da matéria prima, gestão da água e cuidado com a biodiversidade. Logo, essas preocupações englobam todo o processo de produção, da comercialização e consumo e do descarte do produto, onde as empresas elaboram esses produtos pensando em todas as etapas do seu ciclo de vida.

Na figura 3 vemos as cinco classificações encontradas em literatura para os tipos de produtos sustentáveis e suas especificações. Nas quatro primeiras classificações abordadas por Costa (2010), temos o baixo consumo energético para os produtos que são fabricados que exigem

pouco consumo de energia na sua utilização, logo contribuem para economia de energias. Posteriormente, temos os produtos derivados de fontes renováveis que se enquadram nessa classificação, pois as fontes são naturais.

Figura 3: Tipos e características de produtos sustentáveis



Fonte: elaborado pelos autores.

Já os produtos ecológicos são um grupo de produtos sustentáveis que visam materiais

ecológicos em seus componentes. Além destes, há também os produtos recicláveis e reutilizáveis que são produtos sustentáveis que visão adaptar ou gerar novos produtos a partir de produtos já lançados no mercado. Por fim, Pereira, Viana e Alves (2019), destacam os produtos sustentáveis com certificados verdes, pois há preocupações ambientais com o seu ciclo de vida.

O CICLO DOS PRODUTOS SUSTENTÁVEIS

Fonseca (2013) e Luz (2017) afirmam que os produtos sustentáveis passam por diferentes processos de funcionamento, pois cada produto em sua respectiva área de consumo é produzido para um determinado fim, logo, seguem diferentes padrões de funcionamentos. Nesse sentido, dos tipos de produtos sustentáveis destacados, como

os produtos recicláveis e reutilizáveis, os derivados de fontes renováveis, os de baixo consumo energético, os ecológicos e os com certificado verde, todos os seus processos são diversificados e são explanados durante todo o seu tempo de vida útil e não útil.

Dentre o processo de funcionamento dos materiais recicláveis, Zanin e Mancini (2009) usam como exemplo reciclagem geral dos resíduos e dividem a reciclagem em primária, secundária, terciária e quaternária, em que dentro dessas divisões há uma segunda divisão que aponta o processo de reciclagem que o resíduo sofrerá, como sendo de maneira mecânica, química e energética. Nessas divisões, a reciclagem primária a matéria prima é limpa e confiável, na secundária

a matéria prima são os resíduos sólidos urbanos, na terciária há componentes em decomposição de nível químico, por fim na quaternária, ocorre a combustão que visa o aproveitamento energético.

Zanin e Mancini (2009), explicam que em relação aos processos de reciclagem na segunda divisão proposta por eles, os que ocorrem de maneira mecânica, acontecem de forma semelhante aos processos das indústrias que sintetizam matéria prima virgem. Já quando ocorrem de forma química, o produto é alterado desde as suas propriedades moleculares. Por fim, quando decorre de maneira energética é realizado a combustão dos produtos não reciclados para a produção de energia.

No que se refere aos produtos sustentáveis classificados como reutilizados, Souza e Souza (2019) alegam que para que ocorra a reutilização de um produto, primeiramente devem ser considerados os seus processos de fabricação, onde a empresa fabrica produtos que devem possuir atributos que permitam o reuso dos mesmo para outros fins. Dessa forma, os produtos reutilizados têm a vida útil prolongada, pois após o seu uso, sem que haja alterações das suas características, ele pode ser reutilizado para outros fins. Além disso, pode haver produtos onde não houve qualquer preocupação, durante seu desenvolvimento, em torná-lo reutilizável, mas que posteriormente o mesmo venha a ser reutilizado de outras formas.

Santos et al. (2015) apresentam como produtos sustentáveis os que derivam de fonte renováveis, tendo em vista que nos últimos anos houve um aumento considerável na criação de projetos voltados para essa área. Nesse contexto, o desenvolvimento de um produto que é originado de fontes renováveis possui menor impacto negativos ao meio ambiente. Com isso, temos o exemplo das energias de fontes renováveis que são produzidas a partir de recursos naturais, como o sol, dos ventos, dos rios, das ondas, do calor da terra e de matéria orgânica, logo são fontes inesgotáveis e que não contribuem para o efeito estufa em relação as fontes de energia não renováveis, como o petróleo, gás natural, carvão mineral e combustíveis nucleares.

Outro produto sustentável em destaque, são os que possuem um baixo custo energético. Coelho e Marcon (2017), afirmam que a preocupação com o consumo de energia é uma preocupação mundial, visto que as fontes de energia mais comuns advêm de fontes não renováveis, por isso, os investimentos em produtos que consomem pouca energia é uma alternativa sustentável que vem crescendo nas últimas décadas. Nesse sentido, seu processo pode ocorrer desde a sua produção com o objetivo de fabricar um produto que ao ser utilizado não consuma tanta energia. Com isso, temos como exemplo, os eletrodomésticos que possuem uma classificação para os seus níveis de consumo de A-E, ou seja do mais eficiente ao menos eficiente, em que o A

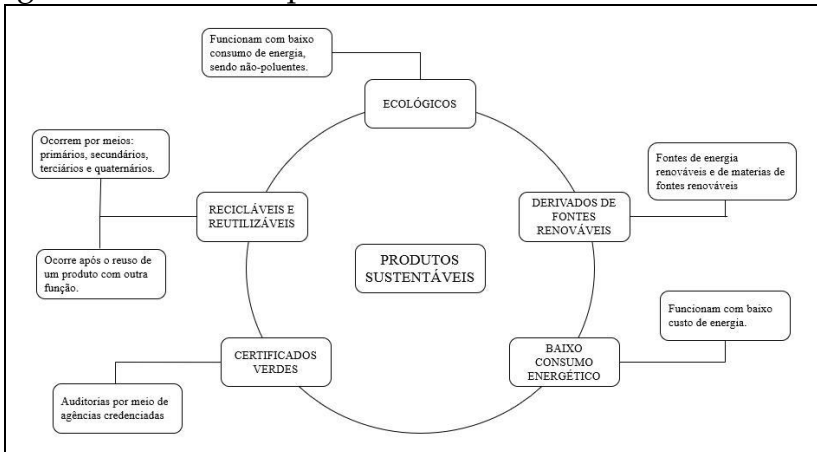
consome menos energia e o E consome mais energia.

Aos produtos conhecidos como ecológicos, Bertolini et al. (2013) abordam que tais produtos iniciam seu processo de funcionamento com a aquisição e processamento de matéria-prima, posteriormente a sua utilização e descarte. Logo, os produtos ecológicos englobam todos aqueles que possuem como propósito a sustentabilidade, com isso eles são produzidos com matérias-primas renováveis que são obtidas de forma sustentável, e que se preocupem com a sua utilização e descarte de maneira sustentável, resultando em produtos ecologicamente eficientes, não-poluentes e com a utilização de energias limpas ou renováveis.

Por fim, na opinião de Gonzaga (2005) a certificação verde é uma das exigências para empresas que desenvolvam e comercializem produtos sustentáveis, de forma que os produtos carreguem o selo verde. Nesse sentido, a seu processo ocorre por meio de uma auditoria de empreendimentos que é realizado por agências que são credenciadas possuem como objetivo atender aos requisitos legais para que se possa aprimorar o desempenho legal do produto. Dessa forma, muitas empresas buscam as certificações verdes como vantagem competitiva, visto que os consumidores buscam cada vez mais produtos sustentáveis no mercado. Além da exigência dos clientes as empresas também competem umas com as outras nacionalmente e internacionalmente, e o

selo verde conta como principal diferencial nesse meio.

Figura 4: O ciclo dos produtos sustentáveis



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 4 mostra as especificações de funcionamento de cada etapa dos produtos sustentáveis. Ou seja, o contexto amplo dos produtos sustentáveis, foram fragmentados nas suas classificações, onde as suas funcionalidades ocorrem de maneiras distintas. Dessa forma, foram

esquematizadas diferentes formas de funcionamento de cada classificação, como nos produtos de baixo consumo energético, naqueles derivados de fontes renováveis que podem ocorrer por fontes de energia e materiais renováveis, nos produtos ecológicos que são projetados para funcionar com menor consumo de energia e ser não-poluente, os produtos recicláveis que funcionam em quatro categorias, os reutilizáveis que podem ser projetados ou não com esse fim e, por fim, os produtos com certificados verdes, que só poderão ocorrer após a solicitação de uma auditoria a um órgão responsável credenciado.

Diante das definições abordadas, Rozenfeld et al. (2005) discorrem que o desenvolvimento de produtos sustentáveis é primordial para deter os

problemas ambientais, de forma que em sua produção e funcionamento, devem ser inseridas todas as práticas ambientais, agregando as exigências do mercado com a sustentabilidade, pensando em todo o seu ciclo, de forma que haja um progresso consciente. E que com isso, essas práticas se tornem frequentes e cada vez mais essenciais.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou o ciclo e as características dos produtos sustentáveis no afã de torná-los conhecidos. Paes e colaboradores (2019) apontam que esses produtos são excepcionalmente benéficos, tanto para o setor empresarial, quanto para a sua comercialização em sociedade. Dentre os seus benefícios empresariais, destacam-se o

melhor custo-benefício, a maior eficiência no uso dos recursos, a maior geração de economia energética, redução na utilização de água, extinção de resíduos e reutilização de materiais, e publicidade positiva. Já na comercialização em sociedade, ocorre a redução dos impactos ambientais durante e após o consumo do produto, redução do índice de resíduos em aterros, devido a reutilização e reciclagem de materiais, e economia de água e pouca emissão de gases na atmosfera. Com isso, podemos citar como exemplo, produtos à base de energia solar, a realização de coleta seletiva e a implantação de cisternas domésticas para a coleta de água da chuva.

Gomes Júnior e Gomes (2010) trazem esses benefícios de maneira mais ampla, destacando que os produtos sustentáveis são vantajosos, pois possuem o menor uso de recursos naturais, a diminuição de materiais tóxicos ao ambiente, tem um tempo maior de vida útil, consomem menos energia, tanto na sua fabricação, quanto na sua utilização, podem se tornar recicláveis ou reutilizáveis e contribuem com a redução dos resíduos no meio ambiente. Com isso, os produtos sustentáveis são projetados para beneficiar produtores e consumidores, visto que suas questões englobam o social, o político e o ambiental.

No que se refere as desvantagens dos produtos sustentáveis, Miller Junior (2013)

acredita que dois pontos são essenciais quando se fala em desvantagens dos produtos sustentáveis, sendo o primeiro a falta de estrutura e apoio governamental. Dentre as políticas voltadas para os incentivos à produção de produtos sustentáveis, a quase ausência do governo é explícita, o que gera descontentamento, pois há uma necessidade contínua em agir às mudanças de mercado e sem incentivos, ou obrigações das empresas em adquirir a certificação verde, muitas optam pela indiferença frente a essas questões.

Nesse contexto, Miller Junior (2013) foca o segundo ponto, que é a falta de integração entre as empresas, o governo e os movimentos socioambientais, isso mostra que esses setores trabalham de maneira individual e não integrada,

o que resulta em constantes oscilações entre um dos três setores. Logo, se não há uma concordância entre os interesses políticos aliados aos movimentos socioambientais, há um certo conflito no qual, muitas vezes, não há acordos, isso influencia em todos os outros setores, principalmente no setor econômico.

Trazendo essa questão para o contexto Amazônico, vemos que a extração sustentável para a produção e comercialização de produtos, vem ocorrendo com mais frequência. Drummond (2006), afirma que a pesca e a coleta de produtos vegetais, como guaraná, cacau e castanha-do-pará, são coletadas sem que haja o desmatamento, além das parcerias entre os produtores e as empresas certificadas que irão revender os produtos. Com

isso, pequenos negócios vêm se desenvolvendo com a extração sustentável e a produção de produtos naturais que atendem a todos os requisitos de um produto sustentável.

Nobre e Nobre (2019), confirmam que atualmente há diversos projetos voltados para o desenvolvimento de produtos sustentáveis em toda a região Amazônica. Os produtores coletam as matérias-primas sem que haja a derrubada de árvores e sem abrir pastagens conservando as florestas e sua biodiversidade, após esse processo são produzidos inúmeros produtos que vão desde a extração de óleos ao artesanato. Os produtos são fabricados sem que haja consumo elevado de energia, ou que seu processo de decomposição

contribua para a poluição, tendo em vista que o mesmo possa ser reciclado.

Por fim, Canciglieri, Kruger e Sant'Anna (2016), Domingos e Lourenço (2019) e Go, Wahab e Hishamuddin (2015), afirmam que os produtos sustentáveis estão cada vez mais em alta no mercado e que eles integram os quatro pilares da sustentabilidade, o social, o político e o ambiental. Dessa maneira, com o objetivo de reduzir os impactos causados ao meio ambiente, grande parte das alternativas apresentadas nesse texto, possuem baixo custo tanto para a sua produção quanto para o seu consumo, o que sugere que a aquisição de produtos sustentáveis é uma grande alternativa para se consumir de maneira

consciente e que estamos revolucionando a forma de se produzir e consumir um produto.

REFERÊNCIAS

ALTINTZOGLU, Themistoklis; HONKANEN, Pirjo; WHITAKER, Ragnild Dragøy. Influence of the involvement in food waste reduction on attitudes towards sustainable products containing seafood by-products. **Journal of cleaner production**, v. 285, p. 125487, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125487>.

ASLAM, Wajeeha; FARHAT, Kashif; ARIF, Imtiaz. Regular to sustainable products: an account of environmentally concerned consumers in a developing economy. **International Journal of Green Energy**, v. 18, n. 3, p. 243-257, 2021. <https://doi.org/10.1080/15435075.2020.1854266>.

BERTOLINI, G. R. F. et al. A viabilidade financeira no desenvolvimento de produtos ecológicos valorizados pelos consumidores. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 4, n. 3, p. 01-29, 2013.

CANCIGLIERI, O. J.; KRÜGER, S.; SANT'ANNA, A. M. O. Hierarchical method for prioritization of sustainable products' characteristics. **Chemical Engineering Transactions**, v. 52, p. 529-534, 2016.

CARTER, Kealy; JAYACHANDRAN, Satish; MURDOCK, Mitchel R. Building A Sustainable Shelf: The Role of Firm Sustainability Reputation. **Journal of Retailing**, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2021.03.003>.

COELHO, I. S.; MARCON, J. B. **Estratégias de baixo custo e sustentáveis para habitações de interesse social que proporcionem habitabilidade ao usuário tubaronense, utilizando como base o projeto da COHAB/SC.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

COSTA, M. A. S. **Novos produtos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

DOMINGOS, A. C.; LOURENÇO, L. M. **Identificação do perfil do consumidor em relação à compra de produtos sustentáveis.** Monografia

(Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

DRUMMOND, J. A. A extração sustentável de produtos florestais na Amazônia Brasileira. **Estudos sociedade e agricultura**, v. 6, n. 1, p. 115-137, jun. 2006.

FERNANDES, P. T.; CANCEGLIERI JÚNIOR, O.; SANT'ANNA, Â. M. O. Method for integrated product development oriented to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 3, p. 775-793, 2017.

FONSECA, L. H. A. **Reciclagem**: o primeiro passo para a preservação ambiental. Monografia (Graduação em Administração), Centro Universitário Barra Mansa, Rio de Janeiro, 2013.

FULLER, D. A.; OTTMAN, J. A. Moderating unintended pollution: the role of sustainable product design. **Journal of Business Research**, v. 57, n. 11, p. 1231-1238, 2004.

GEBISA, Aboma W.; LEMU, H. G. Design for manufacturing to design for Additive Manufacturing: Analysis of implications for

design optimality and product sustainability. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 724-731, 2017.

GO, T. F.; WAHAB, D. A.; HISHAMUDDIN, H. Multiple generation life cycles for product sustainability: the way forward. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 16-29, 2015.

GOMES JÚNIOR., S. F.; GOMES, A. R. As vantagens da sustentabilidade empresarial. **INGEPRO-Inovação, Gestão e Produção**, v. 2, n. 8, p. 63-071, 2010.

GONZAGA, C. A. M. Marketing verde de produtos florestais: teoria e prática. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 353-368, 2005.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. C. A. Desenvolvimento de produtos sustentáveis: o papel da gestão de pessoas. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 2, p. 283-307, 2007.

KAHUPI, Inamutila et al. Building competitive advantage with sustainable products–A case study perspective of stakeholders. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125699, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125699>.

LI, Lixu et al. Impacts of consumer innovativeness on the intention to purchase sustainable products. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 774-786, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.002>.

LUZ, L. M. **Integração da avaliação do ciclo de vida ao processo de desenvolvimento de produto: uma proposta metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia de produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MARX, A. M.; PAULA, I. C. Proposta de uma sistemática de gestão de requisitos para o processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. **Production**, v. 21, n. 3, p. 417-431, 2011.

MILLER JÚNIOR, G. T. **Ciência ambiental**. São Paulo: *Cengage Learning*, 2013.

MOURA, A. M. M. As compras públicas sustentáveis e sua evolução no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 7, p. 23-33, jan.-jun. 2013.

NOBRE, I.; NOBRE, C. Projeto 'Amazônia 4.0': definindo uma terceira via para a Amazônia. **Futuribles**, São Paulo, n. 2, p. 7-20, 2019.

PAES, C. O. et al. Práticas, benefícios e obstáculos nas compras públicas sustentáveis: uma revisão sistemática de literatura. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 21-39, 2019.

PEREIRA, J. D. V.; VIANA, J. G. A.; ALVES, R. R. Comportamento do consumidor verde: evidências na fronteira Brasil-Uruguai. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 18, n. 1, p. 41-57, 2019.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. Paulo: Saraiva, 2005.

SANTOS, J. A. et al. Matéria-prima gerada da reciclagem de garrafas pet e seus produtos derivados. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 03-13, 2015.

SOUZA, L. H. M.; SOUZA, F. M. A. Consumo sustentável: motivações do consumidor. **Revista Eletrônica Cosmopolita em Ação**, v. 5, n. 1, p. 33-74, 2019.

TAVARES, C. S. **Sustentabilidade no varejo: um projeto na rede Avenida de Assis**. 2011. 38 f. Monografia (Graduação em Administração). Fundação Educacional do Município de Assis, Assis, 2011.

VARANDAS JUNIOR, A. **Uma proposta para integração de aspectos ambientais do ecodesign no processo de desenvolvimento de novos produtos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

XU, Wei; JIN, Xiaotong; FU, Ruiheng. The influence of scarcity and popularity appeals on sustainable products. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 1340-1348, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.014>.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. São Carlos: EdUFSCAR, 2009.

ZHANG, Cheng-Tang; WANG, Zheng. Production mode and pricing coordination strategy of sustainable products considering consumers' preference. **Journal of Cleaner**

Production, v. 296, p. 126476, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126476>.