

CONTRIBUIÇÕES DO PPgUSRN – IFRN

SOBRE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E
PRÁTICA NA GESTÃO
SUSTENTÁVEL DOS
RECURSOS NATURAIS

Organizadores

JEAN LEITE TAVARES
DAYANA MELO TORRES
SHEYLA VARELA LUCENA
LEANDRO SILVA COSTA



editoraifrn

CONTRIBUIÇÕES DO PPgUSRN – IFRN

SOBRE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E
PRÁTICA NA GESTÃO
SUSTENTÁVEL DOS
RECURSOS NATURAIS

Organizadores

JEAN LEITE TAVARES
DAYANA MELO TORRES
SHEYLA VARELA LUCENA
LEANDRO SILVA COSTA



editora**ifrn**

Natal, 2024

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação
Camilo Santana

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Marcelo Bregagnoli



Reitor
José Arnóbio de Araújo Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação
Avelino Aldo de Lima Neto

Coordenador da Editora IFRN
Rodrigo Luiz Silva Pessoa

Conselho Editorial do IFRN

Alba Valéria Saboia Teixeira Lopes
Alison Pereira Batista
Alana Driziê Gonzatti dos Santos
Albérís Eron Flávio de Oliveira
Airton Araújo de Souza Júnior
Avelino Aldo de Lima Neto
Amilde Martins da Fonseca
Bruno Balbino Aires da Costa
Cedrick Cunha Gomes da Silva
Cláudia Battestin
Elisabete Pianco de Sousa
Énio Fernandes Amorim
Francinaide de Lima Silva Nascimento
Jobson Martins da Silva Maranhão
Joicy Suely Galvão da Costa
José Everaldo Pereira

José Geraldo Bezerra Galvão Júnior
José Soares Batista Lopes
Julie Thomas
Kaline Andreza de França Correia Andrade
Leonardo Alcântara Alves
Luciana Maria Araújo Rabelo
Magda Renata Marques Diniz
Marílson Donizetti Silvino
Paulo Augusto de Lima Filho
Pedro Felipe de Lima Henrique
Paula Ivani Medeiros dos Santos
Ramón Evangelista dos Anjos Paiva
Raúl Humberto Veliz Chávez
Rômulo Magno Oliveira de Freitas
Tacicleide Dantas Vieira
Vanilton Pereira da Silva

Projeto gráfico e capa

Maria Eduarda Oliveira Amorim

Diagramação

Hanna Andreza Fernandes Sobral

Revisão linguística

Alba Valeria Saboia Teixeira Lopes

Prefixo editorial: Editora IFRN

Linha editorial: Técnico-científica

Disponível para *download* em:

<http://memoria.ifrn.edu.br>



Contatos

Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol, Natal-RN, CEP: 59015-300
Telefones: (84) 4005-0763 | (84) 4005-0863 | E-mail: editora@ifrn.edu.br

CONTRIBUIÇÕES DO PPgUSRN – IFRN

**SOBRE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E
PRÁTICA NA GESTÃO
SUSTENTÁVEL DOS
RECURSOS NATURAIS**

Organizadores

JEAN LEITE TAVARES
DAYANA MELO TORRES
SHEYLA VARELA LUCENA
LEANDRO SILVA COSTA



Os textos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores. É permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

C764 Contribuições do PPGURN/IFRN: sobre inovação, ciência e prática na gestão sustentável dos recursos naturais [livro eletrônico] / Jean Leite Tavares, Dayana Melo Torres, Sheyla Varela Lucena, Leandro Silva Costa (organizadores). – Natal : IFRN, 2024. 163 p. : il ; PDF

ISBN: 978-85-8333-323-4

1. Gestão ambiental - Educação. 2. Gestão de resíduos. 3. Educação Ambiental. I. Tavares, Jean Leite. II. Título.

IFRN/SIBi

CDU 504.064:37

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da publicação na fonte elaborada pela Bibliotecária
Marise Lemos Ribeiro – CRB-15/418

APRESENTAÇÃO

08

CAPÍTULO 1

AVANÇOS NAS TECNOLOGIAS DE LIMPEZA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: REVISÃO TECNOLÓGICA E TENDÊNCIAS DE PATENTES

Introdução	10
Percurso metodológico	21
Resultados e discussões	25
Considerações finais	29
Referências bibliográficas	31

CAPÍTULO 2

AVANÇOS EM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CLIMATIZADORES DE AR: REVISÃO TECNOLÓGICA E TENDÊNCIAS DE PATENTES

Introdução	36
Percurso metodológico	47
Resultados e discussões	50
Considerações finais	55
Referências bibliográficas	58

CAPÍTULO 3

A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA EM ANÁLISES AMBIENTAIS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Introdução	66
Percurso metodológico	80
Resultados e discussões	92
Considerações finais	95
Referências bibliográficas	97

CAPÍTULO 4 UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO APLICADAS À GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Introdução	105
Percurso metodológico	107
Resultados e discussões	109
Considerações finais	116
Referências bibliográficas	118

CAPÍTULO 5 ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM OFICINAS MECÂNICAS: IMPACTOS AMBIENTAIS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

Introdução	124
Percurso metodológico	127
Resultados e discussões	130
Considerações finais	139
Referências bibliográficas	141

CAPÍTULO 6 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO PARA REUSO SUSTENTÁVEL DE EFLUENTES TRATADOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

Introdução	145
Percurso metodológico	148
Resultados e discussões	152
Considerações finais	158
Referências bibliográficas	159

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPgUSRN), da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN), do IFRN – *Campus* Natal-Central traz, nesse terceiro volume de livro publicado por fomento da Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação aos Programas de Pós-graduação da instituição, atualizações nas áreas de inovação tecnológica aplicada ao uso sustentável dos recursos naturais. Para este volume, foram selecionados trabalhos que abrangessem temáticas importantes para o desenvolvimento sustentável no Rio Grande do Norte, tais como a questão energética e de gestão de resíduos, mas que também podem ser replicados ou têm seu alcance além das fronteiras do estado porque abordam temas de relevância global.

Mais uma vez somos gratos às pesquisadoras e pesquisadores que contribuíram para o presente trabalho.

CAPÍTULO 1

AVANÇOS NAS TECNOLOGIAS DE LIMPEZA
DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: REVISÃO
TECNOLÓGICA E TENDÊNCIAS DE PATENTES.

*Christel Angelina Ribes
Evantuy de Oliveira
Dennys Lopes Alves
Antônio Martins Batista Neto
José Sinderlei Jorge de Lima
João Teixeira de Carvalho Neto
Gabriel Constantino de Lima
Andre Luiz Lopes Toledo
Leandro Silva Costa
Kadydja Karla Nascimento Chagas
Roberto Rodrigues Cunha Lima*

Introdução

A busca por outras fontes de energia para geração de eletricidade é justificada pelo aumento acelerado da demanda energética em todo o mundo. Há a necessidade da diminuição de dependência de combustíveis fósseis e um aumento pelo favorecimento de fontes de energia que não poluem (Villalva, 2015). A energia elétrica é produzida através de várias fontes de energia, seja pela água, combustíveis fósseis, biomassa, vento, sol, força das ondas e compostos químicos (Araújo *et al.*, 2016).

A radiação solar é uma fonte energética inesgotável, tendo um grande potencial de sua utilização por meio de sistemas de captação e conversão, como, por exemplo, a fotovoltaica (Pinho; Galdino, 2014). Segundo Villalva e Gazoli (2013), o efeito fotovoltaico é um fenômeno físico que possibilita a obtenção de energia elétrica, através da conversão direta da energia inclusa na radiação luminosa, pelo material semicondutor de que é formada a célula fotovoltaica.

Nos últimos anos, a energia solar tem sido largamente empregada como uma fonte alternativa, sendo os módulos fotovoltaicos (FV) responsáveis pela conversão direta

de radiação solar em energia elétrica. O Brasil, por se encontrar próximo à linha do Equador, possui um dos maiores potenciais fotovoltaicos do planeta (IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018), o que proporciona as menores variações na duração solar do dia, mesmo em épocas de solstício (ANEEL, 2011).

Atualmente, módulos FV com eficiência de 23,22% já são encontrados no mercado (Portal Solar, 2019). Em regra, os parâmetros ambientais, como a intensidade de irradiação solar, temperatura do ambiente, sujidade, umidade relativa e vento, possuem um grande impacto no desempenho dos módulos (Braga *et al.*, 2020). Embora haja o aumento significativo no auxílio da geração de energia elétrica e no avanço da eficiência dos materiais fotovoltaicos, é importante que as instalações de painéis fotovoltaicos usem a sua capacidade máxima de geração.

A sujidade é causada pelo acúmulo e deposição de poeira, poluentes, dejetos de fauna, especificamente aves, ou de outros tipos de contaminantes nas superfícies dos módulos fotovoltaicos, dificultando assim que a irradiação solar incida diretamente sobre a superfície FV, acarretando, desse modo, perdas de produção e aumento dos custos de operação e manutenção (Micheli *et al.*, 2018).

O grau de influência da sujidade no desempenho dos módulos FV varia de acordo com a localidade, pois as condições ambientais do local em que os módulos estão instalados, assim como as variações ambientais sazonais, impactam diretamente a quantidade, o tipo e o tamanho das partículas de sujidade que são encontradas sobre a superfície FV (Araújo *et al.*, 2019).

Emerge a questão de manutenção preventiva, objetivando um alto desempenho destes sistemas fotovoltaicos, sendo uma delas a limpeza dos módulos para manter a eficiência na conversão da energia solar em energia elétrica (CEPEL, 2004). Além de ser importante, essa limpeza promove uma maior longevidade dos painéis fotovoltaicos,

umentando também a produção do sistema ao longo do tempo, ao proporcionar a diminuição das perdas por bloqueio da radiação solar incidente no módulo.

A aglomeração de sujeira nos sistemas fotovoltaicos pode causar manchas, fungos e corrosão nos módulos, além de diminuir a radiação solar que incidirá exatamente nas células fotovoltaicas, decaindo a produtividade e vida útil que é estimada entre 25 e 30 anos (RENEWENERGIA, 2015). A diferença na geração de energia entre módulos limpos e os com acúmulo de sujeira, principalmente em instalações de grande porte, podem acarretar sérios problemas de ordem econômica, quando diminuída a capacidade geradora de energia (Alves, 2018).

Aldabó (2002) destaca que a energia elétrica é um insumo fundamental quando se trata do fomento ao desenvolvimento econômico e social das nações. A energia fotovoltaica é a ciência que usa a energia do sol para produzir eletricidade (Balfour; Shaw; Nash, 2016). Martins e Pereira (2019) pontuam que a energia solar figura entre as possíveis alternativas sustentáveis para o suprimento energético dos países.

A incessante busca por fontes energéticas sustentáveis, ambientalmente, vem fomentando cada vez mais a disseminação do uso das energias renováveis, com destaque para a energia solar fotovoltaica. Os últimos anos foram marcados pela transposição de algumas barreiras tecnológicas e econômicas que limitavam a utilização da energia fotovoltaica em larga escala, característica que tem contribuído para promover mudanças substanciais na matriz energética mundial (Martins; Pereira, 2019).

Neste contexto a geração fotovoltaica, caracterizada, dentre outros aspectos, por não produzir resíduos, ser segura e por seus baixos custos de operação e manutenção, vem ganhando cada vez mais relevância e reconhecimento. Os entes governamentais vêm considerando cada vez mais as fontes provenientes de recursos renováveis, buscando

suprir a crescente demanda mundial por eletricidade, sem que a poluição ambiental esteja agregada a mesma (Aldabó, 2002).

Conforme descrito por Balfour, Shaw e Nash (2016) a energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para fornecer eletricidade para residências, empresas, sistemas de irrigação dentre inúmeros outros. No que se refere à interligação de sistemas fotovoltaicos com a rede elétrica de distribuição são encontradas instalações de portes diversos, desde conjuntos de módulos fotovoltaicos integrados a edificações (geração descentralizada) até sistemas centralizados de elevada potência (Borges Neto; Carvalho, 2012).

Os sistemas fotovoltaicos possuem custo de aquisição e instalação ainda elevado, particularidade que pode ser considerada umas das desvantagens desta modalidade energética (Balfour; Shaw; Nash, 2016). A intermitência natural da radiação solar é intrínseca à conversão de energia solar em eletricidade, sendo outra desvantagem competitiva da geração fotovoltaica (Martins; Pereira, 2019). A tecnologia fotovoltaica, que até pouco tempo era considerada marginal, é agora, e por seus próprios méritos, uma alternativa que ganha força no mix da eletricidade convencional (Zilles; Macêdo; Galhardo; Oliveira, 2012).

Consoante Balfour, Shaw e Nash (2016) as células fotovoltaicas trata-se de finas seções de material semicondutor que reagem a luz solar, produzindo tensão e corrente elétrica. Podem ser consideradas as unidades mais básicas de um sistema de conversão fotovoltaica.

Nas células fotovoltaicas ocorre o efeito fotovoltaico, efeito a partir do qual a luz solar, após incidir sobre a superfície da célula, faz com que os elétrons que constituem a última passem a se separar de seus respectivos átomos, tornando-se livres. Tal fenômeno é facilitado pela dopagem dos semicondutores que constituem as células com impurezas, através de tratamentos realizados durante a produção da célula.

A energia solar pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica (Villalva, 2015). Segundo Zilles, Macêdo, Galhardo e Oliveira (2012) o efeito fotovoltaico é uma característica física intrínseca ao material que compõe os dispositivos de conversão fotovoltaica. De acordo com Balfour, Shaw e Nash (2016) o silício é comum e barato, sendo atualmente o material mais utilizado nas células fotovoltaicas.

Um conjunto de células ligadas em série e/ou paralelo e encapsuladas num mesmo invólucro formam os chamados módulos fotovoltaicos. As células comerciais produzidas em larga escala são constituídas de silício monocristalino, policristalino (ou multicristalino) e amorfo (Villalva, 2015). Lâminas circulares ou quadradas de silício mono e multicristalino constituem as células fotovoltaicas, sendo que estas últimas possuem espessura entre 0.2 mm e 0.3 mm, com área entre 50 e 150 cm² (Zilles; Macêdo; Galhardo; Oliveira, 2012).

Segundo Zilles, Macêdo, Galhardo e Oliveira (2012), em uma condição de sol de 1000 W/m² e temperatura de célula de 25°C as células fotovoltaicas produzem uma corrente de 32 mA/cm², numa tensão entre 0,46 V e 0,48 V.

Uma das preocupações rotineiramente associadas aos sistemas fotovoltaicos é a variabilidade do recurso solar. Aldabó (2002) pontua algumas variações previsíveis e suas respectivas causas no que se refere à energia solar, qual sejam: variação diurna (rotação da terra), variação sazonal (inclinação do eixo terrestre) e variação anual (órbita elíptica da terra em torno do sol). Quanto às variações com previsibilidade incerta, Aldabó (2002), destaca a incerteza quanto à incidência de radiação solar, sendo esta última associada a efeitos diversos, tais quais: formação de nuvens, poluição atmosférica, presença de contaminantes (pó, poeira e fumaça, névoa, fumos e afins). Neste prisma, pode-se afirmar, embora existam outras, que as grandezas que mais influen-

ciam diretamente no desempenho das células solares são as condições de irradiância e temperatura às quais as referidas células são submetidas durante sua operação.

As condições meteorológicas e ambientais surtem um efeito significativo sobre o rendimento dos sistemas fotovoltaicos. De um modo geral, as células fotovoltaicas funcionam melhor em temperaturas mais amenas, em razão da redução do estresse e dos ciclos térmicos, associada à diminuição das taxas de degradação delas (Balfour; Shaw; Nash, 2016).

Segundo Villalva (2015), a irradiância pode ser definida como sendo uma grandeza empregada para quantificar a radiação solar que incide sobre uma área. Pode também ser chamada de irradiação. É expressa na unidade Watts por metro quadrado (W/m^2), ou seja, trata-se de uma unidade de potência por área. Valores de irradiância podem ser coletados através de estações de superfície e imagens de satélite, sendo que a primeira técnica possui limitações no que tange a sua cobertura, tendo em geral uma exatidão pontual, enquanto os dados de satélite são tratados através de modelos físicos, estatísticos ou híbridos, por conseguinte com incertezas cada vez mais reduzidas (Martins; Pereira, 2019).

Na superfície terrestre a irradiância solar é tipicamente $1000 W/m^2$ (Villalva, 2015). Este último valor é considerado o padrão de irradiância na indústria de sistemas fotovoltaicos, visto que, através do mesmo, pode-se especificar a eficiência das células fotovoltaicas, a partir de um comparativo com base numa condição padrão de radiação solar (Villalva, 2015).

Em um cenário operativo ótimo, os sistemas fotovoltaicos, quando em funcionamento em suas condições nominais, devem apresentar rendimentos, aferidos, dentre outros aspectos, a partir do quantitativo de energia por ele produzidos quando submetidos a diferentes valores de irradiância, próximos aos valores estimados durante o

desenvolvimento de seu respectivo projeto, supondo que este último foi produzido de forma coerente e realista.

Múltiplos fatores podem ser listados como responsáveis por provocar alterações substanciais no desempenho de sistemas fotovoltaicos, dentre os quais merecem destaque: a irradiância solar, a temperatura, o sombreamento e presença de contaminantes diversos. A presença combinada de poeira, sujeira e contaminantes orgânicos e inorgânicos depositados sob um módulo fotovoltaico é designada de soiling (Bessa; Micheli; Fernández; Almonacid, 2022).

Em relação à irradiância solar, Martins e Pereira (2019) salientam a necessidade de medir com confiabilidade o recurso solar, como forma de realizar estimativas coerentes quanto à sua disponibilidade. No que se refere à influência dos contaminantes, a sua relação com a perda de desempenho dos sistemas fotovoltaicos advém do fato de que a presença deles funciona como um obstáculo a incidência direta da irradiância nos módulos fotovoltaicos, visto que, ao incidir sobre a sujeira, os raios solares podem ser refletidos e espalhados em direções aleatórias, inclusive para fora dos módulos. As diferentes direções nas quais os raios solares são refletidos, no caso de a superfície encontrar-se suja, está correlacionada à presença de deposições não uniformes de sujeira.

Consoante Rezende e Zilles (2022), regiões urbanas são bastante propensas aos efeitos associados a agentes poluentes acumulados nas superfícies dos módulos fotovoltaicos. Tais pesquisadores destacam ainda o fato de que, apesar de sua confiabilidade e robustez operativa, os sistemas fotovoltaicos podem sofrer variações mensuráveis em seu desempenho, quando instalados em locais caracterizados pela presença de poluição e/ou de materiais particulados em suspensão no ar, em especial, poeira e areia. Fezes de animais também são citadas como fontes contaminantes, merecendo especial atenção no que tange ao modo como elas serão retiradas, caso já tenham aderido firmemente ao vidro do módulo fotovoltaico.

No que concerne a regiões com particularidades afins a cada localidade, tais como regiões desérticas, próximas ao litoral ou ainda caracterizadas por baixos índices pluviométricos anuais, outras variáveis passam a ser consideradas, a saber: granulometria dos particulados, efeito da salinidade e/ou umidade excessiva, necessidade de uso de agentes desincrustantes, dentre outras especificidades.

Em termos normativos, a IEC 61724-1 faz alusão à necessidade de instalação de sistemas de monitoramento de sujidades quando são estimadas perdas anuais expressivas. Usualmente a quantificação da influência de contaminantes nos módulos ocorre através da medição de suas curvas I-V (tensão elétrica versus corrente elétrica), comparando-se os valores medidos com aqueles apresentados em suas folhas de dados. Tal técnica é criticada por Bessa, Micheli, Fernández e Almonacid (2022) apud Shrestha e Taylor (2016) alegando que estas medições são onerosas e susceptíveis a grandes erros, em caso de erros de calibração dos sensores de irradiância presentes no aparelho.

Perdas provocam incertezas no desempenho fotovoltaico e, por conseguinte, na geração de energia elétrica, refletindo-se diretamente em perdas financeiras, como consequência direta da perda de rendimento e do aumento dos custos com operação e manutenção destes sistemas (Bessa; Micheli; Fernández; Almonacid, 2022).

Excetuando-se eventuais imprecisões no projeto e/ou na instalação, bem como nas condições climatológicas inesperadas, a maximização da energia produzida nas plantas fotovoltaicas guarda estreita relação com a manutenção preventiva dos módulos fotovoltaicos que constituem o sistema, consubstanciada na contínua necessidade de realizar a limpeza da face destes módulos. A operacionalidade destes sistemas é intrinsecamente associada à mitigação da sujidade, sendo mensurável, por exemplo, através da análise dos custos e benefícios da realização de limpezas periódicas.

Bessa, Micheli, Fernández e Almonacid (2022) informam que a deposição de particulados, como, por exemplo, a poeira sob a superfície dos módulos pode ser responsável por perdas significativas em sistemas fotovoltaicos, podendo chegar a 50% em algumas regiões. Ressalta-se ainda que as sujidades são específicas para cada planta fotovoltaica instalada, podendo sofrer variações espaciais e temporais ao longo das estações do ano.

O desempenho operacional de uma planta fotovoltaica, além de múltiplas outras especificidades, está alicerçada na minimização de contaminantes e na frequência na qual são realizadas as limpezas dos módulos que a constituem (Rezende; Zilles, 2022). Uma menção também deve ser feita aos índices de consumo da água necessária à higienização dos módulos, devendo estes custos serem também computados em eventuais estudos de viabilidade econômica de intervenções de higienização do sistema fotovoltaico.

Algumas publicações, em geral de natureza não científico-acadêmica, descrevem, sem subsídios quantitativos que comprovem a afirmativa e carecendo ainda de sustentação metodológica e experimental, a premissa de que a lavagem de módulos, em especial em sistemas de pequeno porte, é contraprodutiva, não compensando o esforço físico e econômico (Rezende; Zilles, 2022).

Rezende e Zilles (2022) descrevem que a implantação de uma rotina periódica de limpeza vai depender da análise de algumas condições, a saber: nível de ocupação, presença de poluição, índice pluviométrico, inclinação do gerador fotovoltaico e perdas de produtividade detectáveis via análise do desempenho operacional.

A literatura consolidada acerca dos efeitos nocivos da presença de elementos contaminantes na superfície dos módulos prescreve, como ações preventivas, o estabelecimento de técnicas associadas ao monitoramento e a quantificação, o mais precisa possível, da natureza e da origem das sujeiras, para a partir daí, realizar-se a implementação

de um cronograma de limpeza específico para cada planta fotovoltaica, ou seja, uma solução alicerçada nas particularidades do local onde os mesmos estão instalados. A título de exemplo, Bessa, Micheli, Fernández e Almonacid (2022) apresentam uma metodologia de extração de perdas de sujeira em tempo real, respeitando-se distintas condições climáticas, considerando valores distintos de índices de sujeiras.

No contexto das perdas relacionadas à presença de sujeira, estas podem ser classificadas como reversíveis ou irreversíveis, a depender do grau de degradação provocado pelo contato das sujeiras com a superfície do módulo ou ainda da forma através da qual ela será retirada do módulo. A limpeza inadequada dos módulos pode provocar manchas, riscos, arranhões, trincas, dentre múltiplos outros possíveis danos.

Quando for do tipo reversível, a remoção da sujeira pode ocorrer em razão de eventos naturais ou através de técnicas artificiais. No primeiro caso, a ação dos elementos da natureza fará a remoção, tal qual a interação do módulo com a chuva, o vento, a neve e o orvalho. No caso da remoção artificial, pode-se adotar soluções manuais (limpeza mecânica), tal qual a lavagem dos módulos com materiais não abrasivos (ferramentas, escovas e utensílios), ou automatizadas (semiautomáticas ou completamente automáticas) com auxílio de drones, robôs e sistemas correlatos, sejam eles controlados remotamente ou totalmente autônomos (Device Autonomous). Como agente de limpeza, podem ser utilizados produtos químicos (em geral, neutros) específicos para este fim, além de panos, flanelas e esponjas não abrasivas, podendo ser associados ou não água e/ou ar comprimido, desde que ambos possuam sistemas de filtragem de materiais particulados que possam ser impelidos através das tubulações. Como agentes de auxílio à limpeza podem também ser utilizados: vapor de água, correntes de ar e gás, além de líquidos específicos para este fim. A cons-

tuição físico-química destes agentes vai variar em função das sujidades a serem combatidas.

No caso de aplicações industriais, objetivando minimizar ao máximo a intervenção humana, faz-se uso também de sistemas de sensoriamento automáticos, constituídos de sensores de dois tipos principalmente, a saber: sensores de imagem de sujeira e sensores de medição de sujeira. O custo de instalação e manutenção destes sistemas requer um estudo prévio acerca da viabilidade econômica de sua utilização em larga escala. Basicamente, deve-se confrontar os lucros obtidos através da mitigação das perdas provenientes das sujeiras, com os custos de aquisição, instalação e reparo dos sensores. A variabilidade espacial da deposição de sujeira, principalmente em usinas que ocupam uma vasta extensão geográfica, também é um elemento indicativo da necessidade de instalar sistemas de sensoriamento automáticos.

Iniciativas de natureza preventiva já podem ser tomadas desde a etapa de projeto, através da seleção criteriosa do local onde o sistema será instalado (seleção do site), assim como adequando-se às características do sistema às especificidades locais (adaptação do site), por exemplo considerando ângulos de inclinação otimizados, a orientação e utilizando configurações de seguimento (algoritmos de controle) aplicáveis para os casos dos sistemas fotovoltaicos articuláveis em um e dois eixos (tracking systems).

Conforme explicitado, os sistemas de rastreamento podem ser controlados por algoritmos, designados de algoritmos de extração de sujeira, nos quais os módulos fotovoltaicos assumem o papel de detectores de sujeira. Neste tipo de aplicação, as características de geração do módulo (curva $I \times V$) são continuamente monitoradas, de modo que, sempre que o módulo apresentar baixo desempenho, o eixo articulado do sistema de tracking movimenta o módulo para uma inclinação que permite que boa parte da sujeira seja retirada por ação exclusiva da gravidade. Este sistema

é útil para sujidades do tipo particuladas, como a poeira por exemplo. Em geral, quando a viabilidade econômica permite, é muito mais vantajoso (tempo e padronização do procedimento de limpeza) a utilização de sistemas automáticos de limpeza, principalmente em aplicações em escala industrial como, por exemplo, em usinas fotovoltaicas.

Percurso metodológico

A revisão da literatura é parte primordial de qualquer pesquisa, pois é a partir dela que será desenvolvida a base de conhecimento para responder à questão de pesquisa proposta (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Neste contexto, o presente trabalho é de natureza exploratória, tendo o objetivo de poder dar ao pesquisador uma visão geral e maior conhecimento do tema, com o propósito de formular problemas mais bem definidos, ou mesmo levantar hipóteses que possam abrir portas para pesquisas futuras (Gil, 1999).

Resolveu-se pesquisar por tecnologias em base de patentes com o intuito de obter indicadores tecnológicos e tendências mundiais no que diz respeito ao tema: Equipamentos para Limpeza de Módulos Solares, impulsionado a partir da constatação da necessidade de manutenção preventiva nos módulos solares, em especial no que se refere à limpeza e das vantagens apresentadas na limpeza automatizada. A partir dos dados obtidos, analisar os equipamentos com potencial para solucionar o problema e quais as principais classificações internacionais desses equipamentos.

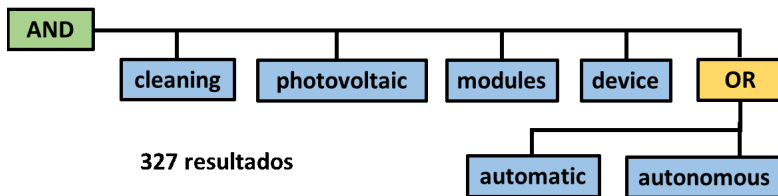
A pesquisa foi feita em 21/05/2023 na base de patentes da Espacenet Patent search <<https://worldwide.espacenet.com/>>, objetivando, em uma primeira etapa, encontrar as principais strings que faça referência a equipamentos que

possam solucionar o problema em questão. A primeira busca foi com as strings: Cleaning AND Photovoltaic AND Modules e retornou 16.412 resultados.

Ativando a busca avançada para reduzir as ocorrências irrelevantes ao tema, restringiu a busca apenas para o campo de texto, isto é, as strings procuradas se delimitaram às ocorrências no título, resumo, descrição e reivindicações. Reduzindo para 1.867 resultados.

Para evitar a exclusão acidental de patentes relevantes, procurou-se, através de testes, a melhor forma de descrever a tecnologia de dispositivos de limpeza de módulos solares autônomos, adicionando no modo avançado de busca as strings Device, Automatic e Autonomous, sendo as duas últimas com o booleano OR (Shubbak, 2019). A string completa é apresentada na 1ª figura exposta no artigo e ficou na forma: Cleaning AND Photovoltaic AND Modules AND Device AND (Automatic OR Autonomous), resultando em 327 ocorrências.

Figura 1: String de busca por dispositivos de limpeza de módulos solares autônomos



Fonte: Shubbak, 2019

O código IPC, Classificação Internacional de Patente, é formado a partir das características e propriedades dos materiais utilizados, das funções realizadas e da técnica para realizar essas funções, podendo ser constituído por dois ou mais códigos (DOS Santos, 2013).

Em uma análise superficial nos títulos das primeiras ocorrências e verificando sua aderência aos dispositivos que possam atender ao problema em questão, a limpeza automática de módulos solares, decidiu-se por analisar os IPC de maior ocorrência, com o objetivo de aplicar filtros de busca e refinar os resultados encontrados.

A análise da referência de cada IPC foi feita no WIPO (World Intellectual Property Organization) <<http://ipc.inpi.gov.br/>>, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual que é um fórum global para políticas, serviços, informações e cooperação sobre propriedade intelectual (Wipo, 2023).

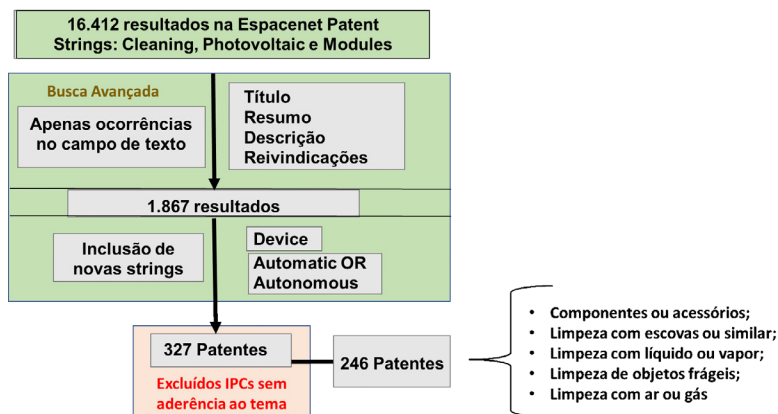
Após a análise da descrição de cada IPC, descartou os H02S20, que faz referência às estruturas de suporte para módulos fotovoltaicos e os H02S50 que faz referência ao monitoramento ou testes de sistemas fotovoltaicos. Também foram classificados como sem aderência ao tema e, conseqüentemente excluídos, os IPCs que tiveram um número de ocorrência menor que vinte, reduzindo as ocorrências para 246 resultados. Os principais grupos de IPCs encontrados, assim como sua ocorrência e classificação estão expostos na 1ª tabela do artigo. A 2ª figura exposta no artigo representa o diagrama de fluxo com o número de patentes que foram identificadas, selecionadas e incluídas na análise.

Tabela 1: Principais IPC encontrados e sua classificação

Ocorrência		IPC	Classificação
198	80%	H02S40	Componentes ou acessórios em combinação com módulos fotovoltaicos;
113	46%	B08B1	Limpeza por métodos que exijam essencialmente o uso de ferramentas, escovas ou utensílios semelhantes;
82	33%	B08B13	
80	33%	B08B3	Acessórios ou detalhes de aplicação geral para máquinas ou aparelhos para limpeza;
25	10%	B08B11	
20	8%	B08B5	Limpeza por métodos envolvendo o uso ou a presença de líquido ou vapor d'água; Limpeza de objetos flexíveis ou frágeis por métodos ou aparelhos especialmente adaptados aos mesmos;
			Limpeza por métodos envolvendo o uso de corrente de ar ou gás.

Fonte: Wipo, 2023.

Figura 2: Diagrama de fluxo da busca por patentes.



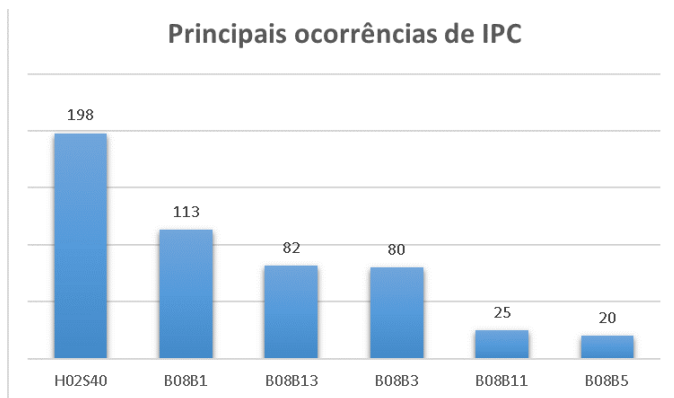
Fonte: Wipo, 2023.

Resultados e discussões

Em posse dos resultados de patentes previamente delimitados e filtrados com base nas características específicas do problema, teremos uma análise das patentes mais relevantes, principais empresas requerentes das patentes, principais inventores dessa tecnologia, as tendências geográficas dessas criações e principais técnicas utilizadas para a limpeza automática de módulos solares.

Com base nos 246 resultados restantes podemos descrever as patentes para máquinas ou aparelhos contendo componentes, acessórios ou detalhes de aplicação geral para limpeza em combinação com módulos fotovoltaicos (H02S40 e B08B13); equipamentos esses que utilizam métodos que exijam essencialmente o uso de ferramentas, escovas ou utensílios semelhantes (B08B1); essa limpeza pode ser por métodos envolvendo o uso ou a presença de líquido ou vapor d'água (B08B3); ou por métodos envolvendo o uso de corrente de ar ou gás (B08B5). A 3ª figura exposta no artigo apresenta uma representação gráfica das principais ocorrências do IPC principal.

Figura 3: Principais ocorrências do IPC principal.



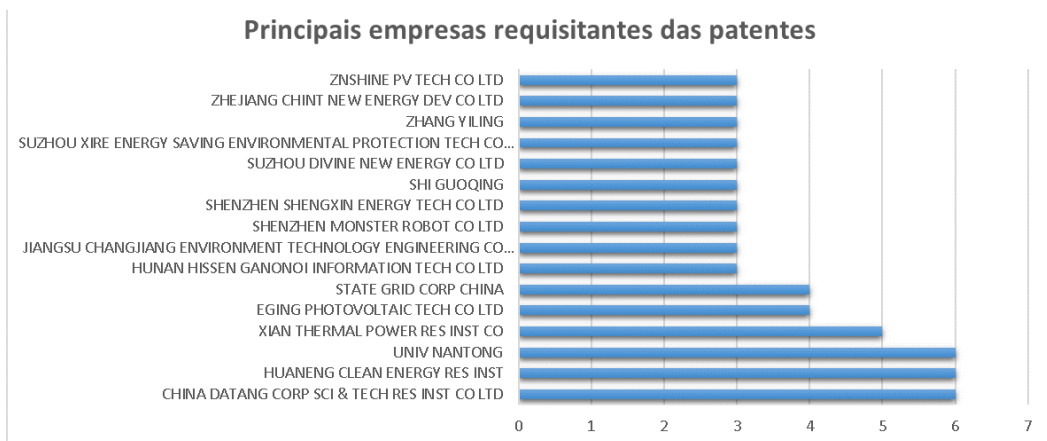
Fonte: Wipo, 2023.

A 4ª figura exposta no artigo apresenta uma representação gráfica das principais empresas requerentes da patente. Destacando a empresa China Datang Corp SCI & Tech Res Inst CO LTD com 6 patentes.

A China Datang Corporation Renewable Power (2023) tem como lema: Fornecer energia limpa para iluminar uma vida melhor. Trabalha com a Geração de energia contribuindo no desenvolvimento de energia eólica, solar, hidrelétricas e outras energias renováveis; Desenvolvimento na indústria do carvão; Atuação no setor financeiro de seguros e ações; Investimentos internacional em tecnologia, equipamentos e equipe; desenvolve projetos de fotovoltaicas distribuídos, parques eólicos descentralizados, distribuição de gás natural, aquecimento e energia; e possui uma plataforma química que integra carvão, energia, água e tratamento de esgoto.

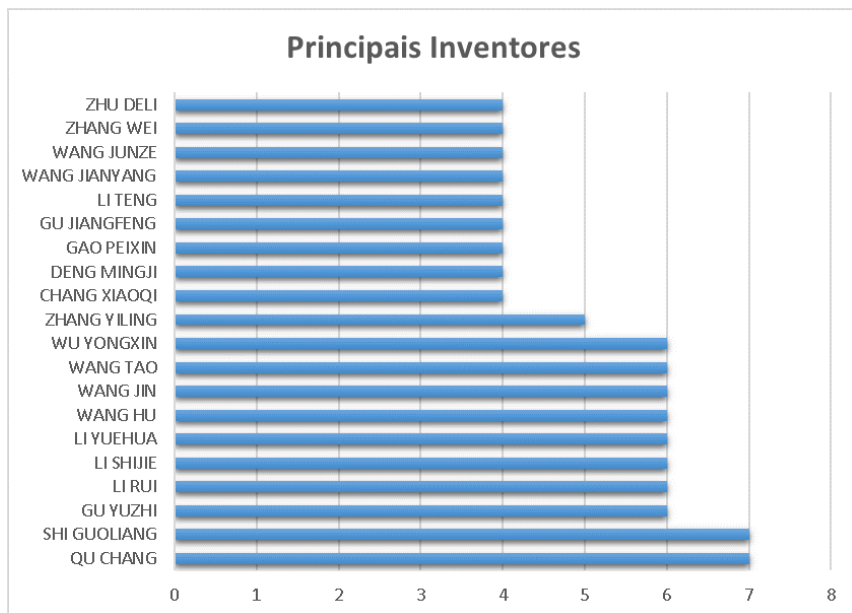
A 5ª figura exposta no artigo apresenta o ranking dos principais inventores requerentes da patente. Destacando Qu Chan e Gu Yuzhi com 7 patentes cada.

Figura 4: Principais empresas requerentes das patentes.



Fonte: Wipo, 2023.

Figura 5: Principais inventores requerentes das patentes.

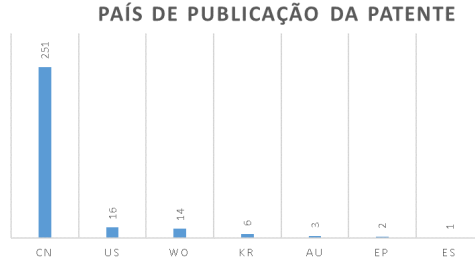


Fonte: Wipo, 2023.

O principal país de publicação de patentes para a finalidade em questão é a China, com 251 publicações, os Estados Unidos estão na segunda colocação com 16 publicações e na sequência há 14 publicações internacionais, como exposto na 6ª figura do artigo.

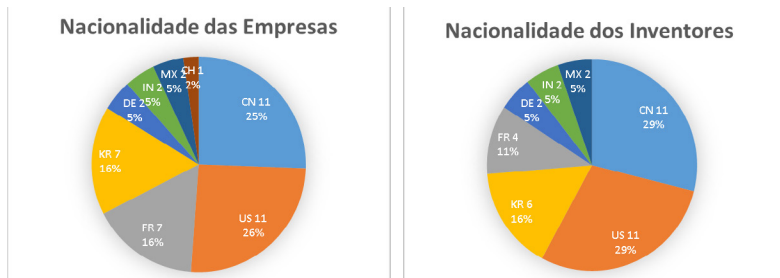
A nacionalidade das principais empresas que requeiram patentes nessa área é americana ou chinesa, com 11 requisições cada, seguidos de empresas francesas e coreanas com 7 requisições cada e outros países de menor ocorrência. A nacionalidade dos inventores apresenta proporções bem semelhantes, como era de se esperar, a 7ª figura exposta no artigo apresenta o rank das nacionalidades das empresas e dos inventores.

Figura 6: Países - publicação de patentes.



Fonte: Wipo, 2023.

Figura 7: Nacionalidade das empresas e dos inventores.



Fonte: Wipo, 2023.

As principais patentes sobre limpeza automática de módulos solares encontradas na pesquisa podem ser agrupadas em três categorias: Limpeza por métodos que exijam essencialmente o uso de ferramentas, escovas ou utensílios semelhantes (B08B1); Limpeza por métodos envolvendo o uso ou a presença de líquido ou vapor d'água (B08B3); e Limpeza por métodos envolvendo o uso de corrente de ar ou gás (B08B5).

A primeira e a terceira técnica, respectivamente com escovas e com ar, são úteis em módulos solares instalados em desertos e regiões com pouca incidência pluviométrica (Araújo, 2019). De outro modo, a limpeza por líquidos ou vapor de água é mais adequada a módulos instalados em telhados ou mesmo região urbana, onde a principal sujidade são fezes de aves (Barbosa, 2018).

Considerações finais

Os resultados expressos durante o transcorrer deste texto objetivaram perscrutar, sob o prisma das últimas inovações tecnológicas as quais foram requeridas patentes, construir um linha de raciocínio no tocante à necessidade do combate às perdas (problemática ambiental e econômica) associadas a sujidades em módulos solares, assim como traçar um panorama ilustrativo e multidimensional acerca do status quo e dos avanços tecnológicos correlatos às técnicas de limpeza de módulos fotovoltaicos contemplando, principalmente, porém não exclusivamente, as tendências de registros afins a esta temática.

Aos interessados por este objeto de estudo, este artigo colabora também para ampliação dos horizontes e perspectivas científicas mais proeminentes quanto ao que vem sendo gerado nos últimos anos no que tange a sistemas autônomos e automatizados de higienização de módulos fotovoltaicos, bem como oportunizando contato com outras inovações afins a este conteúdo. Por fim, pode-se afirmar de forma pragmática, que o trato com o estado da arte acerca de qualquer área do conhecimento é condição sine qua non para indicar, de modo assertivo e conciso, os potenciais pontos de trabalho e lacunas a serem exploradas. Neste sentido, os resultados aqui descritos têm o viés de permitir ao leitor a oportunidade de aguçar curiosidades e vislumbrar possibilidades de contribuições tecnológicas patenteáveis, podendo funcionar, por conseguinte, como um indutor e intensificador de ideias para novos produtos técnicos e tecnológicos ou da reconfiguração destes.

Com efeito, merece destaque ainda a opção metodológica praticada pelos autores no que tangencia a fonte consultada para inquirir o estado da arte acerca do tema, a saber: realizar busca exaustiva em uma plataforma de registro de patentes (website espacenet.com), fugindo assim

do enclausuramento associado ao uso exclusivo de bases de dados de cunho eminentemente acadêmica, embora estas últimas também tenham sido utilizadas. Tal premissa metodológica proporcionou interseções e interfaces com outras áreas do saber, em razão do quantitativo e da abrangência de inovações pesquisadas, assim como da decodificação técnica requerida para realizar uma filtragem mais pormenorizada dos dados.

Neste diapasão, julga-se que, a argumentação e a efetividade dos dados apresentados promoveram um coroamento de exitosa interação com a plataforma supramencionada, elucidando algumas das principais figuras de mérito correlatas à inovação tecnológica em higienização de sistemas fotovoltaicos, assim como sugere inovações para o enfrentamento de perdas em sistemas de geração alicerçados na fonte fotovoltaica.

Logrou-se êxito no estudo, em virtude de que os resultados estão em consonância com os objetivos levantados quando da proposição deste objeto de estudo, porém o mesmo não esgota-se nesta investigação, em razão do fato de que pode-se recomendar múltiplas outras possibilidades de trabalhos futuros, tais quais: utilização de outras plataformas de patentes, emprego de diferentes strings de busca, aprofundamento das discussões acerca das tendências tecnológicas apresentadas, legitimação da aplicação comercial dos produtos patenteados, análise acurada dos perfil dos inventores e das motivações de seus inventos, dentre outras.

Referências Bibliográficas

ALDABÓ, R. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Energia Solar**. Brasília, 2011. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 14 mai. 2023.

ARAÚJO, D. N.; CARVALHO, P. C. M.; DUPONT, I. M. Efeitos da acumulação de sujeira sobre o desempenho de módulos fotovoltaicos. **Revista Tecnologia**, vol. 40, n. 2, pp. 1-23, 2019. Brasília, DF.

BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BRAGA, D. S., COSTA, S. C. S., DINIZ, A. S. A. C., SANTANA, V. A. C., & KAZMERSKI, L. L. Estudo da Relação entre Parâmetros Ambientais e Taxa de Sujidade em Módulos Fotovoltaicos. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020. Fortaleza, CE.

BARBOSA, E. R.; FARIA, M. dos S. F.; DE BRITO GONTIJO, F. Influência da sujeira na geração fotovoltaica. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2018. Gramado, RS.

BESSA, J.; MICHELI, L.; FERNÁNDEZ, E.; ALMONACID, F. Diferentes Métodos de Extração de Níveis de Sujidade Aplicados em Distintos Climas. In: *Congresso Brasileiro de Energia Solar, 9., 2022*, Florianópolis. **Anais CBENS 2022**. Florianópolis: Abens, 2022. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1153/1154>. Acesso em: 28 maio 2023.

BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. de. **Geração de Energia Elétrica: fundamentos**. São Paulo: Érica, 2012;

CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual de Energia Elétrica para Sistemas Fotovoltaicos, 2004. Rio de Janeiro, RJ.

CHINA DATANG CORPORATION RENEWABLE POWER (China). **Lema Empresa**. Disponível em: http://www.cdt-re.com/xnygs-web/en_site_HTML/index.html. Acesso em: 29 maio 2023.

DOS SANTOS, W. P. C.; SUZART, Vivian P.; DA SILVA JÚNIOR, N. F. Tendências tecnológicas para o processo de preparação de compósito à base de solo-cimento e fibra de bananeira para fabricação de tijolos e tecnologias correlatas através da pesquisa em documentos de patentes. **Cadernos de Prospecção**, v. 6, n. 1, p. 36-36, 2013.

GIL, A. C. **Métodos de pesquisa social** (1a.). São Paulo: Atlas, 1999.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

LOPEZ, R. A. **Energia Solar**: para produção de eletricidade. São Paulo: Artliber, 2012.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, Ê. B. **Energia Solar**: estimativa e previsão do potencial solar. Curitiba: Appris, 2019.

MICHELI, L., DECEGLIE, M. G., e MULLER, M. **Mapping Photovoltaic Soiling Using Spatial Interpolation Techniques**. *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol.9, n. 1, 2018. Washington, DC.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014.

RENEW ENERGIA. **Eficiência e Sustentabilidade para um mundo melhor. Manutenção preventiva**: Solar fotovoltaico, poeira e pombos. 2015. Disponível em: <http://renewenergia.com.br/manutencao-preventiva-solar-fotovoltaico-poeira-epombos>. Acesso em: 8 jan. 2023.

REZENDE, V. G. S. de; ZILLES, R. Análise das Perdas de Produtividade em Geradores Fotovoltaicos por Efeito de Sujidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 9., 2022, Florianópolis. **Anais CBENS 2022**. Florianópolis: Abens, 2022. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/181/181>. Acesso em: 28 mai. 2023.

TRANFIELD, D., DENYER, D., & SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14(3), pp. 207-222. 2003.

SHRESTHA, S., Taylor, M. Soiling Assessment in Large-Scale PV Arrays. **SolarPro Mag.**, 2016. Disponível em: <https://rapowerandlight.com/spm-january-2016/>. Acesso em: 14 de março de 2023.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica**: conceitos e aplicações, sistemas isolados e conectados à rede. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A, B.; OLIVEIRA, S. H. F. de. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 208. 2012.

CAPÍTULO 2

AVANÇOS EM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CLIMATIZADORES
DE AR: REVISÃO TECNOLÓGICA E TENDÊNCIAS
DE PATENTES

Ricardo Luiz Vieira de França
Andressa Giovanna Fernandes de Amorim Queiroz
Arthur Felipe de Souza Lima
Laís Stéphanie Bazílio da Silva
Neide Cristina Lucena Gonçalves
Vanessa Cristiane Santos
Gabriel Constantino de Lima
André Luiz Lopes Toledo
Roberto Rodrigues Cunha Lima
João Teixeira de Carvalho Neto

Introdução

Nas últimas décadas, segundo os estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a demanda de energia tem crescido ao redor do mundo devido ao aumento populacional e à rapidez da evolução tecnológica (MME; EPE, 2016). Com isso, novos desafios têm aparecido com relação à adequação dos recursos energéticos ao crescimento econômico.

Nesse sentido, vários países têm empregado mecanismos legais aspirando incentivar a conservação de energia a fim de reduzir esse consumo e as emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, por exemplo, segundo PICCININ (1995), as primeiras tentativas do país em conter crises energéticas foram por meio do Programa Conserve, em 1981, as quais promoviam ações pela maior eficiência energética no âmbito industrial.

Além disso, com o aumento do consumo de energia elétrica, o governo lançou outras estratégias, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que tem como objetivo influenciar nas decisões dos

consumidores por meio de informações sobre equipamentos com melhor desempenho no consumo de energia (INMETRO, 2023a).

Em tal contexto, o Plano Nacional de Eficiência Energética destaca a importância de modernizar a indústria nacional, promovendo a adoção de incentivos fiscais para substituição de equipamentos ineficientes (MME, 2021).

Quanto à climatização de ambientes por meio de aparelhos de ar condicionado, na tentativa de melhorar o conforto térmico, esta tentativa de melhoria possui sua origem no século II na China utilizando aparelho rotativo de 3 metros de diâmetro (Needham, 1986 *apud* Costa, 2016). Atualmente, os aparelhos de ar-condicionado que conhecemos foram desenvolvidos por Willis Carrier em 1902, que introduziu o conceito de controle de umidade e temperatura de ambientes fechados (Willis Carrier, 2023).

Nessa perspectiva, a EPE lançou a Nota Técnica EPE 030/2018, que apresenta projeções de consumo de energia elétrica relacionadas aos condicionadores de ar residenciais no Brasil até o ano de 2035. Segundo o estudo apresentado na nota, ocorreu um aumento significativo da participação dos aparelhos de ar-condicionado no consumo total de energia elétrica no setor residencial brasileiro devido ao aumento das vendas desses aparelhos.

Em 2005, os condicionadores de ar tinham uma participação (%) menor em relação aos freezers(%), todavia as mudanças nos padrões de consumo, como o uso de freezers mais eficientes e a substituição de lâmpadas incandescentes por opções mais econômicas, como lâmpadas fluorescentes e LED¹ tornaram os condicionadores de ar o quarto maior consumidor de eletricidade em equipamentos nas residências. Desse modo, sua participação no consumo energético dobrou em 2017, com relação a 2005. Portanto,

1 LED: *Light Emitting Diodes* (Diodo Emissor de Luz, o qual transforma energia elétrica em energia luminosa).

a tendência é de crescimento nos próximos anos na participação no consumo residencial (MME; EPE, 2023).

Consequentemente, sustentabilidade e eficiência energética são temáticas que se relacionam, as quais geram impacto na qualidade de vida da população.

Logo, um fator que pode ser citado como exemplo, quanto a essa temática, está na modernização dos equipamentos, os quais devem garantir o uso energético eficaz e de maneira que não influencie negativamente em determinado ambiente organizacional ou até mesmo à sociedade.

Nesse sentido, a geração e o aproveitamento da energia elétrica limpa e renovável, com a disseminação de tecnologias, poderão tornar-se uma grande solução para os problemas energéticos da sociedade. Dessarte, é imprescindível gerar economia ao consumidor e possibilitar a produção de conhecimento para o desenvolvimento comunitário em diversas localidades (Franco *et al.* 2020).

Em tal contexto, segundo Altoé *et al.* (2017), é crucial ampliar a gestão governamental na área de conservação de energia no Brasil, principalmente quanto à criação de instrumentos legais de incentivo à geração descentralizada de energia elétrica por fontes renováveis e de incentivo à eficiência energética.

Além disso, é importante destacar que a temática energética também está diretamente ligada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), no objetivo 7, que visa a “garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos” (ONU, 2015). O esforço mundial na garantia de energia limpa é uma medida necessária e relevante, aspirando ao desenvolvimento sustentável, o qual, a longo prazo, diminuirá os impactos causados pelas atividades humanas e industriais.

Portanto, de acordo com o referido objetivo sustentável e suas respectivas metas, observa-se que os desafios para o setor energético são caracterizados pela diversidade de

questões a serem enfrentadas. Logo, pode-se observar uma abordagem multidimensional, a qual requer a relação entre fatores econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos, exigindo atenção a vários aspectos considerados essenciais ao crescimento sustentável em um contexto local, nacional, regional e global, pautados por uma lógica de cooperação nesses diversos níveis.

Por conseguinte, o setor público deve atentar-se cada vez mais perante ações detentoras de um viés de sustentabilidade, por meio da adoção de estratégias para atingir o objetivo de promover medidas de eficiência energética em prédios públicos. Desse modo, este trabalho objetiva responder ao seguinte problema de pesquisa: Como minimizar o alto consumo de energia elétrica e diminuir os custos oriundos da utilização inadequada dos climatizadores de ar no IFRN *campus* Natal Central?

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é analisar o impacto do consumo de energia elétrica em climatizadores de ar no IFRN Natal Central por meio da criação e observação de um sistema de medição de eficiência energética.

De forma específica espera-se: i. Criar uma plataforma on-line de monitoramento de consumo de climatizadores de ar; ii. Desenvolver uma tecnologia de sinalização, via wi-fi e Short Message Service (SMS)², de risco de sinistro, indicativo de manutenção e alerta de uso em horários indevidos; iii. Mensurar os parâmetros de consumo de energia elétrica, proporcionando a criação de uma série histórica para análise de custos.

Logo, é importante destacar que, além da descrição do produto e dos seus principais impactos pela sua utilização, será realizada nesta pesquisa, um aprofundamento na área de propriedade intelectual por meio da revisão e análise de patentes no setor de energia é objeto deste estudo. Nesse sentido, serão abordados, também, os principais registros

² Serviço de Mensagens Curtas.

de patentes na área, os códigos IPC usados para a realização de busca de anterioridade, os dez principais inventores da área, os principais depositantes – empresas, bem como, a avaliação e a análise de tendências no âmbito de países, nacionalidades e empresas.

Segundo SHUBBAK (2019), geralmente as patentes são protocoladas por empresas, universidades e institutos de pesquisa para proteger propriedades intelectuais de alto valor tecnológico e econômico. Assim, o estudo dos indicadores de patentes, como o discutido nesta pesquisa, é importante para pesquisadores de diversas áreas. As patentes oferecem uma visão abrangente da situação tecnológica atual, o estado da arte e as perspectivas de desenvolvimento, além disso, fornecem aos formuladores de políticas e economistas uma rica fonte de dados para avaliar a eficácia da inovação e subsidiar políticas.

Nessa perspectiva, invenções com alto valor tecnológico e econômico são geralmente protegidas por meio de depósitos de patentes. Desse modo, as patentes funcionam como uma ponte entre as atividades inovadoras bem-sucedidas e os mercados, o estudo de seus indicadores, por meio de gráficos e dados é vital para entender a situação técnica, bem como, as tendências na área (Shubbak, 2019).

Nesse contexto, será utilizado como objeto de estudo o IFRN *campus* Natal Central, uma instituição centenária, que tem buscado inovar em processos, métodos, além de se tornar cada vez mais um agente de transformação social, a fim de gerar grande impacto na sociedade. Aliado a isso, é uma organização pública de grande demanda, a qual funciona diariamente e que possui uma grande extensão contemplando salas, laboratórios e outros espaços que servem de base para a análise da pesquisa de forma prática.

De acordo com Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), tal conceito pode ser definido como a relação entre a quantidade de energia final utilizada e a quantidade de um bem produzido ou serviço prestado (INEE, 2023).

Conseqüentemente, quanto menos energia for necessária para produzir um bem ou fornecer um serviço, maior será a eficiência energética.

Ademais, para abraçar plenamente o conceito de eficiência energética, é essencial não apenas utilizar equipamentos e sistemas eficientes, mas também priorizar a manutenção da produtividade, conforto e segurança do usuário.

Além disso, conforme as Premissas e Diretrizes Básicas do Plano Nacional de Eficiência Energética, para mitigação de perdas energéticas, uma solução é substituir equipamentos antigos, que muitas vezes dependem de tecnologias obsoletas, por novos, os quais oferecem menor impacto ambiental, maior eficiência energética e custos financeiros reduzidos (MME, 2021).

Ainda sobre a temática, no Brasil, o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), medido em Wh/Wh, é calculado conforme a norma técnica ISO 16358-1. O Índice, por fim, é utilizado pelo INMETRO na classificação da eficiência dos equipamentos condicionadores de ar em uma escala de classes. Sendo a classe A, a mais eficiente, que varia até a F, a classe menos eficiente, para ar-condicionados do tipo janela. Ademais, para ar-condicionado do tipo Split possui classificação de A até D (INMETRO, 2022; ELETROBRAS, 2021).

Logo, em consonância aos estudos de Shah *et al.* (2013), a eficiência média dos sistemas de condicionamento de ar disponíveis no mercado no Brasil, no ano de 2013, foi de 3,19 Wh/Wh e a maior eficiência encontrada foi de 4,04 Wh/Wh. Por conseguinte, segundo os dados do INMETRO (2023b), indicam que IDRS no ano de 2023 é de 8,20 Wh/Wh. Sendo assim, é notório a busca pela eficiência energética em aparelhos de ar-condicionados ao passar dos anos.

Em suma, as melhorias mais indicadas nos sistemas de ar-condicionado podem variar dependendo das características climáticas do local (Shah *et al.*, 2013). Portanto, os sistemas mais eficientes são aqueles projetados especifi-

camente para atender aos requisitos de uma determinada localidade, em vez de produtos genéricos, os quais tentam adaptar-se a qualquer ambiente.

Por conseguinte, ao adaptar um projeto prevendo atender condições ambientais específicas, como níveis de umidade e flutuações de temperatura, a eficiência e o desempenho dos sistemas podem ser significativamente aprimorados, resultando na melhor utilização da energia e maior conforto para os ocupantes.

No Brasil, os direitos e as obrigações acerca da propriedade industrial são regulamentados pela Lei Nº 9.279/1996, denominada Lei de Propriedade Industrial. De acordo com o art. 8º da referida lei, é considerada patenteável toda a “invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial”, sendo aplicável ao sistema para medição e análise de eficiência energética em aparelhos de ar-condicionado, objeto deste estudo, o qual possui inovação em sua função e utilidade, sobretudo, no que tange à redução de despesas institucionais cuja receita é prevista em orçamento público.

Conforme o inciso V do art. 2º da Lei de Propriedade Industrial, “a proteção dos direitos relativos à propriedade industrial” considera o interesse social mediante a “repressão à concorrência desleal” proposta pelo dispositivo legal, tendo em vista que a invenção colabora com a “manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes” (Brasil, 2018), em consonância com a Lei Nº 13.589/2018, a qual dispõe “sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes”, cujo art. 1º versa sobre a necessidade de “todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente” possuir um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos sistemas de climatização presentes nesses ambientes, a fim de minimizar substancialmente possíveis “riscos potenciais à saúde dos ocupantes” (Brasil, 2018).

Dessa forma, o equipamento IF 1910 pode auxiliar no alcance da eficiência energética da instituição em que será implementado, além de evitar sinistros e colaborar com a promoção da saúde pública. Com isso, a instalação e a utilização do sistema, além de reduzir os custos oscilantes com o consumo de energia, colabora com o ODS 7, o qual visa a “garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos” (ONU, 2015), em especial com as metas 7.3 de, “até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética” e 7.b de, até o mesmo período, “expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos [...]” ao produzir um produto capaz de reduzir o consumo energético e prevenir sinistros nos ambientes em que estejam instalados.

Quanto ao incentivo à eficiência energética, a Lei Nº 9.991/2000 trata da “realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica” (Brasil, 2000). Tal aplicação, segundo o art. 1º da sobredita lei, é um dever anual dessas empresas de investir o mínimo de 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) de sua receita operacional líquida em “pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico” e o mínimo de 0,25% (vinte e cinco centésimos por cento) em “programas de eficiência energética no uso final” (Brasil, 2000), observados alguns critérios relacionados nos incisos do referido artigo.

Sendo assim, considerando que os recursos sugeridos pela Lei de Eficiência Energética podem ser aplicados, segundo os incisos II e III do art. 5º, em “instituições de pesquisa e desenvolvimento” nacionais e reconhecidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), bem como por instituições de ensino superior credenciadas ao Ministério da Educação (MEC), o objeto deste estudo pode obter o

incentivo da lei para desenvolvimento de pesquisa e aperfeiçoamento de suas capacidades funcionais, uma vez o parágrafo 1º do referido artigo prioriza os investimentos em eficiência energética a “iniciativas, serviços e produtos de empresas nacionais, bem como a inovação e a pesquisa produzidas no País” (Brasil, 2000), seguindo o regulamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), incluído pela Lei nº 14.120/2021.

No que tange aos benefícios do equipamento, objeto deste estudo, a Lei 10.295/2001, denominada Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, objetiva “a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente”, cujo Poder Executivo, consoante o art. 2º da referida lei, “estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País” (Brasil, 2001) com base em uma regulamentação específica, estabelecida para cada tipo de máquina e aparelho consumidores de energia em sua vida útil.

Nessa perspectiva, segundo o art. 3º da Política Nacional energética, os fabricantes e importadores desses equipamentos têm o dever de cumprir “medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética”. Sendo assim, o não-cumprimento do sobredito dispositivo legal resultará no recolhimento desses equipamentos por seus fabricantes e importadores, sujeito a multas estabelecidas em regulamento, por unidade, de “até 100% (cem por cento) do preço de venda por eles praticados” (Brasil, 2001). A fim de minimizar a insegurança gerada pela real procedência das importações e considerando o previsto no art. 4º da lei, em que o Poder Executivo deve desenvolver mecanismos de promoção à eficiência energética nas edificações construídas no Brasil, o aparato inventivo colabora com o alcance dessa meta aliado à eficiência e economicidade dos

recursos públicos, além de estimular e incentivar a pesquisa e a inventividade acadêmica.

Outrossim, no que tange ao atingimento dos objetivos sustentáveis da ONU, o equipamento colabora com o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), precisamente em duas metas, a saber: 1) 9.1, qual visa a “desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente [...] para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos”; e 2) 9.5, de “fortalecer a pesquisa científica [...] inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento” (ONU, 2015).

Além disso, a inventividade tecnológica, denominada IF 1910, objeto deste estudo, coopera com os ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), respectivamente, no atingimento das metas 12.a, a qual visa a “apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo”; 13.3, a qual visa a “melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima”; bem como da meta 13.b, de “promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos”, focando, sobretudo, “mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas” (ONU, 2015).

Sendo assim, a questão do consumo é tratada por Ferry (2015) como uma “inovação destruidora”, cujo modelo de desenvolvimento do tipo “schumpeteriano” considera a inovação o motor do crescimento na economia moderna, a qual torna paulatinamente - a exemplo da obsolescência

programada³ - “todos os restos de passado, sejam produtos, modos de vida ou organizações tecnicamente ultrapassadas” (FERRY, 2015, p. 15). Segundo o referido autor, não apenas os produtos evoluíram, mas há, também, “mutações globais, multiusos”, os quais alteram o modo de vida da sociedade, “suscitam novas vias de produção e de consumo, logo, de crescimento e emprego” (Ferry, 2015, p. 19). Nessa perspectiva, a inventividade, além de estar em conformidade com os dispositivos legais e com as metas sustentáveis da Agenda 2030, deve causar impactos positivos comprovados, retornando à sociedade seus benefícios financeiros, econômicos e sociais.

O desejo pela refrigeração tem ocorrido desde a antiguidade, pois durante séculos, as pessoas tiveram que confiar em métodos naturais de refrigeração e controle climático (Nagengast, 1999). Da mesma forma, para atender a necessidades de conforto térmico em um ambiente, fez surgir diversas invenções, uma delas o sistema de *ar-condicionado*, o qual vigora até os dias atuais.

No ano de 1902, Willis Haviland Carrier, um engenheiro jovem de 25 anos na época, para resolver um dos problemas da indústria gráfica, em que a impressão perdia a qualidade devido ao aumento da temperatura. Objetivando a resolução desse problema, o jovem criou um aparato de condicionador de ar, o qual foi precursor para toda a indústria de controle ambiental e climatização, que busca o conforto térmico (Willis Carrier, 2023).

De acordo com Penna (2002), o condicionamento de ar é o procedimento pelo qual o ar é tratado para regular a temperatura, a umidade, a circulação e a pureza do

³ A obsolescência programada consiste na “redução artificial da durabilidade de um bem de consumo, de modo a induzir os consumidores a adquirirem produtos substitutos dentro de um prazo menor e, conseqüentemente, com uma maior frequência” (CORNETTA, 2020) do que o usual.

ar, com o objetivo de atender às exigências do ambiente condicionado.

O sistema de refrigeração por compressão de gás é composto por: compressor: aciona a circulação do fluido; evaporadora: uma unidade interna do ambiente que retira o calor do ambiente e transfere para o líquido condensado; condensador: é a unidade externa do ambiente, em que gás oriundo da evaporadora se liquefaz na condensadora, retirando energia térmica contida no gás; válvula de expansão; age regulando o fluxo do líquido refrigerante (Silva, 2007 *apud* Santos, 2017).

Em síntese, é um sistema cíclico. O gás refrigerante é condensado, com auxílio do compressor, cedendo a energia para o ambiente externo. O líquido é encaminhado para a evaporadora recebendo calor do ambiente a ser refrigerado que, em seguida, entra em evaporação com fluxo até a condensadora, fechando o ciclo.

Percurso metodológico

Em relação à análise sob a perspectiva do campo de propriedade intelectual, quanto à patente, a pesquisa de ancestralidade de patentes foi realizada a partir da criação de um protocolo de investigação, envolvendo uma string de busca elaborada especificamente para este trabalho, visando a extrair a totalidade de informações já existentes sobre esse assunto.

Por se tratar de uma temática muito específica, o primeiro critério de exclusão e inclusão utilizado foi a verificação da Classificação Internacional de Patentes (IPC), onde os códigos que não tinham relações com o escopo da pesquisa foram previamente descartados. Após essa fase, ocorreu a leitura do título e resumo das patentes restantes, aspirando a validar a relação com o produto aqui abordado ou não.

Nessa perspectiva, as patentes compreendem uma visão detalhada e interessante sobre o conhecimento acumulado por pesquisadores, por um período de tempo relativamente longo. Além disso, por serem divulgados ao público contendo informações técnicas detalhadas e metadados sobre citações (fontes de conhecimento) e afiliações (localizações geográficas) de requerentes e inventores, os indicadores de patentes são cada vez mais usados por pesquisadores em estudos de engenharia e economia da inovação (Shubbak, 2019).

Consequentemente, ao ocorrer aderência, a patente é incluída, senão será desconsiderada, resultando em mais uma leva de exclusões. Nesse sentido, prevendo a busca de anterioridade, foi escolhida a plataforma de dados da Derwent Innovation⁴, a qual foi acessada por meio do login do Periódicos Capes⁵.

A partir dessa fase, foi realizada uma busca inicial com o filtro “air conditioning”, em que apareceram 733.840 resultados de patentes. Prevendo filtrar tais resultados outros filtros foram adicionados. Com a inserção do termo “Energy efficiency” à busca, 22.871 patentes foram encontradas.

Em seguida, objetivando a presença de resultados mais específicos, um último delimitante foi escolhido para a string de busca, sendo o termo “measurement system”. Ao limitar a busca, por meio da seguinte string de busca “((TS=(air conditioning)) AND TS=(Energy efficiency)) AND TS=(measurement system)”, com o uso desse protocolo foram encontrados 206 registros de patentes.

4 *Derwent Innovation*: www-webofscience.ez139.periodicos.capes.gov.br/wos/diidw/basic-search

5 Periódicos Capes www-periodicos-capes-gov-br.ez139.periodicos.capes.gov.br/index.php?

Figura 1: Códigos IPC.



Fonte: Derwent Innovation (2023).

A figura 1 representa os códigos IPC, retirados da plataforma Derwent Innovation, após a busca de anterioridade utilizando todos os filtros citados acima, a plataforma gera automaticamente gráficos com todos os dados referentes às “áreas de conhecimento; nomes do depositante; códigos de depositantes; inventores; códigos IPC; códigos de classe no Derwent e códigos manuais no Derwent”, respectivamente.

Nessa perspectiva, quanto à abordagem técnica do estudo, esta pesquisa enquadra-se como um trabalho qualitativo, tendo em vista que por meio dos dados obtidos e observações do fenômeno estudado, permitirão compreender e avaliar a análise de resultados da pesquisa, bem como se classificam de forma quantitativa, pois foram apresentados e abordados no estudo alguns dados numéricos, assim como houve a utilização de gráficos.

Conforme Sampieri (2013), o objetivo da pesquisa quantitativa é utilizar a coleta de dados para testar hipóteses e se baseia na medição numérica e na análise estatística para estabelecer padrões e comprovar teorias. Por conseguinte, segundo o mesmo autor, na pesquisa qualitativa ocorre o

inverso, onde é possível desenvolver perguntas e hipóteses antes, durante e depois da coleta e análise dos dados.

A pesquisa foi desenvolvida com base em um estudo de caso, conforme procedimento técnico, realizado no IFRN *campus* Natal Central, tendo em vista a sua extensão, oportunidade e disponibilidade para realização do estudo. Nessa perspectiva, “a essência de um estudo de caso, a tendência central entre todos os tipos de estudo de caso, é que ele tenta iluminar uma decisão ou um conjunto de decisões: por que elas são tomadas, como elas são implementadas e com que resultado” (Schramm, 1971 *apud* YIN, 2015).

Resultados e discussões

Em relação ao desenvolvimento do produto, bem como aos seus procedimentos técnicos, o sistema é dividido em duas partes: 1) hardware principal, que utiliza um hard de desenvolvimento ESP32, que se constitui de um microcontrolador que incorpora um módulo wi-fi, facilitando o processo; 2) conjunto de sensores de temperatura, umidade, CO² e consumo elétrico. Este último mede tensão, corrente, frequência, consumo de potência acumulada e fator de potência. De forma a agregar diferenciais, e ao mesmo tempo, patentear o produto, colocou-se um módulo GSM que irá trabalhar, a priori, com o envio e recebimento de SMS. Por conseguinte, tem-se um atuador não invasivo que pode controlar algumas funcionalidades do climatizador monitorado.

Conforme Benndorf, Wystrcil e Réhault (2018), métodos e modelos que facilitem e sejam solucionadores de problemas, por meio da otimização de questões específicas de controle precisam ser desenvolvidos. Portanto, experiências de engenharia que combinem controle em relação a algoritmos eficientes para a solução de problemas precisam ser efetivadas de maneira que atendam os processos físicos em sistemas de energia e que formulem conceitos para

a otimização da operação em equipamentos, no caso aqui discutido, em sistema de ar-condicionado.

Nessa perspectiva, de forma geral, as funcionalidades do produto desenvolvido são: indicadores de desempenho, qualidade do ar interior (conforto térmico), uso indevido, necessidade de manutenção, aviso/alerta de possíveis sinistros e controle remoto do climatizador a distância em um determinado lapso temporal de acordo com a latência da rede utilizada.

A demanda global de energia de condicionadores de ar deve triplicar até 2050. Além disso, o fornecimento de energia para aparelhos climatizadores de ar resulta em grandes custos e implicações ambientais. Com isso, melhorias na eficiência energética podem reduzir o crescimento de consumo de energia da demanda de ar-condicionado (Lee e Fu-Po, 2020).

Nesse sentido, a outra parte agregada ao produto é a plataforma de acesso remoto, implementada em linguagem de programação Python⁶, cujo acesso será de forma remota, por meio da internet, utilizando login e senha. Através desse sistema, será possível verificar, controlar e medir a situação do aparelho climatizador e que também dará acesso ao banco de dados. Vale ressaltar que essa plataforma pode ser melhorada de acordo com demandas futuras, agregando ainda mais valor ao produto.

Além disso, de forma prospectiva, há possibilidade de produção de um aplicativo para smartphones no futuro, a fim de gerar maior controle. Desse modo, é importante afirmar que, por meio do desenvolvimento, de análise e de pesquisas agregadas ao produto estudado, há fortes evidências quanto à redução do consumo de energia elétrica através da utilização do dispositivo. Segundo Benndorf, Wystrcil e Réhault (2018), instrumentos que forneçam a capacidade de gerenciar a operação energética de forma eficiente são válidos e importantes. Além disso, a utilização

⁶ Python: linguagem de programação utilizada em aplicações da web.

de métodos adequados para enfrentar os desafios do futuro do sistema energético, como a integração de energias renováveis, são essenciais.

Acessando a plataforma do INPI (ipc.inpi.gov.br), foi possível identificar o significado de cada código IPC. Com exceção dos códigos F24f-011/02 e G06f-019/00 que por algum motivo não foram detectados na plataforma. Contudo, ambos possuem 16 e 10 patentes registradas, respectivamente. Todavia, não foram incluídos na busca de anterioridade, devido a falta de informações sobre suas respectivas tipologias.

Tabela 1: Códigos IPC utilizados nesta pesquisa

Classificação IPC	Classificação das invenções	Contagem do registro	% de 206	Patentes utilizadas
F24f-011/00	Disposição de controle e segurança [2018.01]	32	15,534%	14
G05d-023/19	caracterizado pelo uso de meios elétricos [2006.01]	16	7,767%	5
F24f-011/46	melhoramento da eficiência ou economia de energia elétrica [2018.01]	12	5,825%	1
F24f-011/64	usando dados pré-coletados [2018.01]	10	4,854%	2
F24f-110/10	temperatura [2018.01]	9	4,369%	3
G06q-050/06	fornecimento de eletricidade, gás ou água [2012.01]	9	4,369%	2
F24f-011/30	para fins relacionados à operação do sistema, p. ex., para segurança ou monitoramento [2018.01]	8	3,883%	4
F24f-011/63	processamento eletrônico [2018.01]	8	3,883%	4
F24f-011/47	em resposta aos custos de energia [2018.01]	6	2,913%	3
F24f-110/20	humidade [2018.01]	8	3,883%	4
F25b-049/00	Disposição e montagem dos dispositivos de controle ou segurança [2006.01]	6	2,913%	2
H05k-007/20	modificações para facilitar o resfriamento, a ventilação ou o aquecimento [2006.01]	6	2,913%	1
G05d-023/00	Controle de temperatura [2006.01]	8	3,883%	2
G05b-013/00	Sistemas de controle adaptativos, i.e., sistemas que se ajustam automaticamente para terem desempenho que seja otimizado com conformidade com algum critério pré-determinado. (G05B 19/00 tem prioridade; aprendizagem de máquina G06N 20/00) [2006.01]	6	2,913%	2

Fonte: Derwent Innovation (2023).

De acordo com a Tabela 1, todos os códigos foram analisados de forma individual, por exemplo, das 32 patentes do F24f-011/00, foram identificadas 14 patentes que têm relação com o produto da pesquisa. O código F24f-011/64, das 10 patentes registradas, somente 2 possuem relação com o produto da pesquisa. O código F24f-110/10 possui 9 patentes, porém apenas 3 possuem relação com a pesquisa. Os códigos F24f-011/02 e G06f-019/00, apesar de não aparecerem na plataforma do INPI, foram analisadas e detectadas 3 das 16 patentes e 4 das 10 patentes registradas relacionadas ao produto pesquisado, respectivamente.

De forma geral, uma patente atribui o direito ao inventor de excluir outros do uso não autorizado da invenção divulgada por um período de tempo predeterminado. Nesse sentido, para que uma patente seja concedida, a invenção deve ser nova e útil. Uma patente contém informações sobre a invenção, o inventor, o cessionário, as classes tecnológicas relevantes de acordo com a classificação internacional de patentes (IPC) e os antecedentes tecnológicos da invenção, incluindo citações de patentes anteriores. Desse modo, o requerente (ou o examinador da patente) deve revelar qualquer conhecimento do estado da técnica para que o escopo dos direitos de propriedade seja devidamente delimitado (Harhoff, 1999 *apud* Rave e Goetzke, 2013).

Considerando a Tabela 2, os três maiores detentores dessa patente são Li Y, Mowris RJ e Zhang X, ambos com cinco patentes registradas, as quais equivalem a 2,42% dos 206 resultados encontrados,

Tabela 2: Principais inventores detentores de patentes

OS DEZ PRINCIPAIS INVENTORES	QUANTIDADE DE PATENTES	% DE 206
Li Y	5	2,43%
Mowris RJ	5	2,43%
Zhang X	5	2,43%
Wang X	4	1,94%
Wang Y	4	1,94%
Li Q	3	1,45%
Steinberg J D	3	1,45%
Walsh J	3	1,45%
Zhang D	3	1,45%
Zhang Y	3	1,45%

Fonte: Derwent Innovation (2023).

. Seguindo a análise, os inventores Wang X e Wang Y possuem quatro patentes registradas, equivalente a 1,94% do total. Com três patentes registradas estão LiQ, Steinberg JD, Walsh J, Zhang D e Zhang Y, todos representando 1,45% dos resultados. E por fim, todos os próximos nomes citados são de inventores que registraram 2 patentes: Anderson RN, Bagley D, Cerveja J, Bhandari V, Boniberger E, Boulanger A, Chen Y, Chen Z, Donahue PW, Drees KH, Fentzloff BH, Forde J, Gagneja A, Gilberto J e Glanzer RA, representando 0,97% das 206 patentes identificadas.

De acordo com a Tabela 3, foram elencados os dez principais depositantes das patentes encontradas. Com cinco registros estão Ecofactor Inc e Mowris RJ, ambos equivalentes a 2,42% das patentes identificadas. Seguindo com três registros, tem-se Hitachi Ltda, Int Business Machines Corp, Mitsubishi Electric Corp, Siemens Ag, Toshiba KK e Walsh J, representando 1,45% dos 206. Com dois registros, aparecem Advantek Consulting Eng Inc., Allure Energy Inc e Bagley D.

Tabela 3: Principais depositantes de patentes

OS DEZ PRINCIPAIS DEPOSITANTES	NACIONALIDADES	QUANTIDADE DE PATENTES
Ecofactor	Estados Unidos da América	5
Mowris R J	Estados Unidos da América	5
Hitachi Ltd	Japão	3
Mitsubishi Electric Corp	Japão	3
Siemens Ag	Alemanha	3
Toshiba Kk	Japão	3
Walsh J	Sem informação	3
Advantek Consulting Eng Inc	Estados Unidos da América	2
Allure Energy Inc	Estados Unidos da América	2
Bagley D	Sem informação	2

Fonte: Derwent Innovation (2023).

Considerações finais

A partir da pesquisa realizada, verifica-se que a inventividade, objeto deste estudo, possui originalidade e ineditismo nos aspectos funcionais e econômicos em seu processo produtivo. Diante da urgência para o alcance de metas sustentáveis e fabricações eficientes, de baixo custo e de elevada utilidade, o equipamento se mostra ágil e colaborativo nos aspectos de promoção à eficiência energética e institucional.

Sendo assim, a operação do aparato na instituição federal de ensino pode causar, além de economicidade, considerando os custos de peças e utensílios em sua montagem, efetividade social e institucional, uma vez que, além de promover sustentabilidade, colabora com o impacto ao clima e com o controle de carbono nos ambientes em que estiverem instalados.

De forma geral, a partir da análise realizada para o desenvolvimento da pesquisa, bem como, por meio dos dados obtidos, foi possível notar algumas perspectivas como tendências na área de propriedade intelectual. Em relação às nacionalidades e tendências geográficas, os Estados Unidos

e o Japão detêm a maior quantidade de patentes. Conforme a análise realizada, a perspectiva é de perpetuação desse cenário, tendo em vista que esses países possuem grande investimento em alta tecnologia e criação de novos produtos.

Aspirando a uma busca mais específica, foram analisadas as empresas que detêm mais registros para identificar se possuem algum produto relacionado com a pesquisa no mercado. A empresa Ecofactor detém um serviço no mercado chamado EcoFactor Proactive Energy Efficiency, onde os dados de termostatos são coletados e conectados à internet com a finalidade de minimizar automaticamente o consumo de energia do proprietário. Tais algoritmos entendem o consumo de aquecimento e esfriamento das casas e, em seguida, usam essas informações para fazer pequenos ajustes de ponto em tempo real, oferecendo aos consumidores a economia de energia que desejam sem necessitar monitorar e ajustar constantemente seus termostatos.

A outra empresa, Mowris RJ, pertence ao empreendedor e inventor americano Robert Mowris. O serviço oferecido é o Verified® Economizer Repairs, e os técnicos utilizam um software e hardware patenteado chamado Advanced Diagnostics (AFDD) no fornecimento de fluxo de ar externo ideal para a qualidade do ar interno e eficiência energética. Tal sistema economiza de 9% a 27% no aquecimento e resfriamento do ambiente onde está instalado. Ademais, foi identificado que aproximadamente 63% a 82% dos economizadores apresentaram problemas significativos, resultando em mau funcionamento, fluxo de ar externo excessivo, falha de sensor, controle e atuador.

O software patenteado Verified® AFDD diagnostica esses problemas e provém recomendações de reparo especializadas. O Verified® também oferece métodos proprietários no diagnóstico do fluxo de ar externo excessivo do economizador e determina a posição mínima adequada do amortecedor, visando otimizar a qualidade do ar interno e o desempenho do economizador.

Além disso, os engenheiros especialistas da Verified® instalam controladores GreenFan® eFAN®, os quais funcionam com os controladores de economia existentes para economizar de 9% a 25% de resfriamento e 11% a 27% de esquentamento. Os técnicos Verified® também podem substituir seu controlador eletrônico existente por um controlador de economia eFAN+™, poupando de 14% a 30% em resfriamento e de 11% a 27% em aquecimento. Durante a instalação, os técnicos utilizam métodos patenteados para vedar a abertura do perímetro do economizador com fita eFAN™ para economizar 3% a 10% adicionais no resfriamento e esquentamento do ambiente.

Portanto, o produto proposto ao ambiente do IFRN consegue ter sua intencionalidade e metodologia validadas, pois já existem soluções conexas com a proposta abordada neste artigo presentes no mercado global. Desse modo, entende-se que a criatividade na geração desses produtos é uma forma bastante válida de combater o desperdício de consumo elétrico.

Referências Bibliográficas

ALTOÉ, L. *et al.* Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**. v. 31, p. 285-297, 2017.

BRASIL. **Lei Nº 9.279**, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em 19 mai. 2023. Brasília, DF.

BRASIL. **Lei Nº 13.589**, de 4 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2018/lei-13589-4-janeiro-2018-786057-publicacaooriginal-154702-pl.html>. Acesso em 19 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.991**, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm#:~:text=LEI%20No%209.991%2C%20DE%2024%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Disp%2C%20sobre%20realiza%2C%20A3o%20de%20investimentos,el%2C%20e%20d%20outras%20provid%2C%20Ancias. Acesso em 19 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm.> Acesso em 19 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.120**, de 1º de março de 2021. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015, e o Decreto-Lei nº 1.383, de 26 de dezembro de 1974; transfere para a União as ações de titularidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) representativas do capital social da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) e da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep); e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14120.htm#art1. Acesso em 19 mai. 2023.

CORNETTA, W. (2017). **Obsolescência**. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. CAMPILONGO, C. F.; GONZAGA, A. de A.; FREIRE, A. L. (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/328/>

edicao1/obsolescencia#:~:text=Obsolesc%C3%Aancia%2C%20segundo%20o%20Dicion%C3%A1rio%20Priberam,desaparecimento%20de%20determinada%20coisa%2Fbem. Acesso em: 25 mai. 2023.

COSTA, C. **Um estudo sobre adaptações para redução do consumo de energia elétrica em sistemas de ar-condicionado**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Ciência da Computação, Recife, 2016.

ECOFACOR. Disponível em: <https://www.ecofactor.com/services/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

ELETROBRÁS. **Análise de Impacto Regulatório dos Condicionadores de Ar**: Relatório Técnico PRFP – 032/2021. 2021. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=5e234f09-4c67-8067-9183-5bed403f9893&groupId=36193. Acesso em: 24 mai. 2023.

FERRY, L. **A Inovação Destruidora**: ensaio sobre a lógica das sociedades modernas. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, p.119. 2015.

FRANCO, A. C. *et al.* Energia limpa e acessível. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

Gesa A. B., Dominik W., Nicolas R. **Energy performance optimization in buildings**: A review on semantic interoperability, fault detection, and predictive control. *Applied Physics Reviews* 1 December 2018; 5 (4): 041501. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.5053110>. Acesso em: 12 mar. de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **O que é eficiência Energética**. 2023. Disponível em: http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia. Acesso em: 22 mai. 2023.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)- **Inmetro publica nova regra para corrigir brecha da base normativa para o cálculo da eficiência energética de condicionadores de ar.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/inmetro-publica-nova-regra-para-corrigir-brecha-da-base-normativa-para-o-calculo-da-eficiencia-energetica-de-condicionadores-de-ar>. Acesso em: 24 mai. de 2023.

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem - Conheça o Programa.** 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-o-programa>. Acesso em: 18 mai. 2023.

INMETRO. **Condicionadores de ar - índices novos (IDRS).** 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar/condicionadores-de-ar-indices-novos-idrs.pdf/view> . Acesso em: 22 de mai. 2023.

LEE, D.; TSAI, F. Air conditioning energy saving from cloud-based artificial intelligence: Case study of a split-type air conditioner. **Energies**, v. 13, n. 8, p. 2001, 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Eficiência Energética.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf>. Acesso em: 18 mai. 2023.

MME (Ministério de Minas e Energia); EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Nota Técnica EPE 030/2018** - Uso de Ar-condicionado no Setor Residencial Brasileiro: perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/no>

ta-tecnica-epe-030-2018. Acesso em: 19 mai. 2023.

MME (Ministério de Minas e Energia); EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Nota Técnica EPE 13/15:** Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-458/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

NAGENGAST, B. A History of Comfort Cooling Using Ice. **ASHRAE Journal, February** 1999. Disponível em: <https://www.ashrae.org/file%20library/about/mission%20and%20vision/ashrae%20and%20industry%20history/a-history-of-comfort-cooling-using-ice.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2023.

Organização das Nações Unidas. (ONU) **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** (2015). Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 23 mai 2023.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Objetivo 7 - Energia Limpa e Acessível:** garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. (2015). Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=7>. Acesso em: 29 mai. 2023.

PENNA, S. M. **Manual de Sistemas de Ar-condicionado e Refrigeração do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL,** 1a edição – julho de 2002. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/manual_ar_condicionado.pdf. Acesso em: 22 mai. 2023.

PICCININ, M. S. Conservação de Energia na Indústria: As Políticas Adotadas na Época da Crise Energética. **Revista do BNDES,** Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 153-182, dez. 1994. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4661/1/Conserve%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia%20na%20Ind%>

C3%BAstria_As%20Pol%C3%ADticas%20Adotadas%20na%20%C3%89poca%20da%20Crise%20Energ%C3%A9tica.pdf. Acesso em: 22 mai. 2023

RAVE, T.; GOETZKE, F. Climate-friendly technologies in the mobile air-conditioning sector: A patent citation analysis. **Environmental Economics and Policy Studies**, v. 15, p. 389-422, 2013.

SAMPIERI, R. H. **Metodologia de pesquisa** [recurso eletrônico] / SAMPIERI, R. H., COLLADO, C. F., LUCIO, M. del P. B.; tradução: MORAES, D. V. de; revisão técnica: GARCIA, A. G. Q., SILVA, D. da, JÚLIO, M., 5. ed. - Dados eletrônicos - Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, A. P. dos. **Estudo e Avaliação de Performance em Sistemas de Ar-condicionado**: um comparativo entre Sistemas Split System e Sistema VRV (Vazão de Refrigerante Variáveis). 2017. 81f. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará. Belém, Junho de 2017.

SHAH, N.; PHADKE, A.; WAIDE, P. **Cooling the planet**: opportunities for Deployment of Super-efficient Room Air Conditioners. Super-efficient Equipment and Appliance Deployment. Environmental Energy Technologies Division. International Energy Studies Group, Lawrence Berkeley National Laboratory. 2013. Disponível em: <https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbnl-6164e.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

SHUBBAK, M. H. Advances in solar photovoltaics: Technology review and patent trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 115, p. 109383, 2019.

VERIFIED. Disponível em: <http://www.verified.co/economizer-repair>. Acesso em: 25 mai. 2023.

CARRIER, W. **Carrier & the History of Air Conditioning**, 2023. Disponível em: <https://www.williscarrier.com/timeline>. Acesso em: 18 mai. 2023.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

CAPÍTULO 3

**A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA EM ANÁLISES
AMBIENTAIS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

Introdução

A produção científica no Brasil é uma temática em constante crescimento, fruto de um olhar acadêmico voltado à pesquisa genérica, interdisciplinar e aplicada, associada aos investimentos de instituições de ensino, como universidades, escolas técnicas e institutos profissionalizantes, bem como agências de fomento e empresas multinacionais e internacionais com olhar em sua produtividade visando a expansão e o desenvolvimento tecnológico.

Nessa corrida, pesquisadores em formação são impulsionados à produtividade, a qual impulsionará significativamente seu histórico científico - *lattes*, possibilitando-lhe inclusive, projetos futuros tanto no âmbito profissional como acadêmico. Afinal, publicação reflete pontuação, inclusive em concursos públicos.

Do outro lado encontram-se as revistas acadêmicas, que englobam as diversas áreas da produção científica. Como forma de classificar tais produções, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Governo Federal, vinculada ao Ministério da Educação, criou a plataforma Sucupira, utilizando como critério, a qualidade dos artigos e outros tipos de produção, a partir da análise de qualidade dos veículos de divulgação. Na classificação atual (2017-2020), os veículos podem ser classificados nos estratos A1 (mais elevado); A2 a A4; B1 a B4; e C – peso zero (CAPESa, 2023).

Além da plataforma Sucupira, a CAPES disponibiliza à comunidade científica, o Portal de Periódicos – acervo científico virtual nacional – contemplando conteúdos produzidos no Brasil e no mundo, em um banco de dados que

ultrapassa 49 mil periódicos, e 455 bases de dados de conteúdos diversos, incluindo patentes, teses, dissertações, livros dentre outros. Esse portal objetiva o desenvolvimento tecnológico e a inovação no país, contribuindo com o crescimento da produção científica nacional e a inserção da ciência brasileira no exterior (CAPESb, 2023).

Diante de um acervo tão vasto e critérios elevados de classificação, espera-se uma produção científica cada vez mais “apurada”, em especial, no tratamento e inserção de informações metroológicas nas análises ambientais. No entanto, na prática, observa-se “fragilidades” desde a construção da escrita, passando pelos dados produzidos e sua interpretação, a começar pelos artigos classificados nos níveis A (A1, A2, A3, A4).

Parafraseando Galvão (2021), a metrologia está em todos os lugares, mas nem todos a “observam” ou compreendem sua importância. Isso deve-se à falta de inserção dessa temática nos conteúdos de ensino médio e superior, concentrando-se apenas nos cursos voltados às áreas estritamente específicas, em disciplinas complementares ou em grupos de pesquisas. Os softwares estatísticos de amplo uso nas pesquisas associado ao conhecimento limitado ou desconhecimento dos termos da ciência da medição condiciona pesquisadores à “omissão” de critérios avaliativos, como incertezas, desvios, limites dentre outros. Por mais que pesquisadores empreguem técnicas avançadas, equipamentos de alta complexidade e materiais de pureza elevada, os resultados produzidos experimentalmente omitem dados que poderiam aprofundar os diagnósticos realizados.

Outro ponto a ser observado, diz respeito à confiabilidade dos resultados, a partir da análise prévia das condições de funcionamento de equipamentos analíticos, seus níveis de precisão, sua aplicação e limitações. A metrologia apresenta conteúdos que minimizam erros, rastreiam resultados e identificam desvios analíticos.

Em se tratando de legislações e documentos de referência, é notório o olhar de analistas, acadêmicos e pesquisadores na exigência de controles avaliativos em experimentos. Como exemplos, em se tratando de análises ambientais, a Norma ABNT ISO 17025:2017 (ABNT, 2021), descreve diretrizes para a gestão da qualidade laboratorial visando a confiabilidade de suas pesquisas, sendo esta um ponto de partida para acreditação e certificação junto a órgãos de controle, como INMETRO, Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2021), em seu capítulo introdutório elenca critérios avaliativos alinhados com a metrologia, os quais são adotados ao longo do manual. Em se tratando de legislações, a Portaria de potabilidade da água nº 888/2021 MS/GM (BRASIL, 2021), a qual exige a determinação de limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), os quais possibilita a identificação da confiabilidade de valores obtidos.

Diante do exposto, ao deparar-se com essa problemática, e considerando a relevância dos aspectos metrológicos em análises ambientais, o presente estudo parte do pressuposto de que a ausência de elementos metrológicos nestas pesquisas, corrobora para a insegurança analítica laboratorial, denota a pouca importância e desconhecimento sobre o tema, os quais envolve, inclusive, o corpo de avaliadores que validam tais publicações.

O objetivo geral da pesquisa é destacar a importância da inserção de aspectos metrológicos em produções científicas alinhadas às ciências ambientais com realização de ensaios analíticos, como elemento fortalecedor para a classificação de periódicos nacionais.

Os conceitos apresentados no presente tópico são primariamente fundamentados no Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2012a) e no Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM 2008 (INMETRO, 2012b),

Arencibia *et al.* (2019), documentos normativos dos termos metrológicos e suas aplicações. Nas palavras dos autores,

“O VIM surge no contexto da metrologia mundial da segunda metade do século XX como uma resposta e uma fuga à síndrome de Babel: busca a harmonização internacional das terminologias e definições utilizadas nos campos da metrologia e da instrumentação. São desse período três importantes documentos normativos cuja ampla aceitação contribuiu sobremaneira para uma maior harmonização dos procedimentos e da expressão dos resultados no mundo da medição. São eles o próprio VIM, o GUM (Guia para a Expressão da Incerteza de Medição, de 1993) e a norma ISO Guia 25 (1978) que, revisada e ampliada, resultou na norma ISO/IEC 17025, Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração, de 2000. A adoção destes documentos auxilia a evolução e a dinâmica do processo de globalização das sociedades tecnológicas e contribui para uma maior integração dos mercados, com uma consequente redução geral de custos. No que se refere ao interesse particular de cada país, pode alavancar uma maior participação no mercado mundial e nos mercados regionais” (INMETRO, 2012a).

A importância de apresentá-los visa fortalecer sua relevância na produção, interpretação e divulgação de resultados analíticos, assegurando maior confiabilidade e despertar o interesse de pesquisadores. Não se intenta aqui fazer uma reprodução de todos os termos, mas destacar aqueles que corroboram diretamente no fortalecimento dos dados ambientais produzidos laboratorialmente.

Medição (VIM 2.1): processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza, não se aplicando a propriedades qualitativas, mas implicando em comparações de grande-

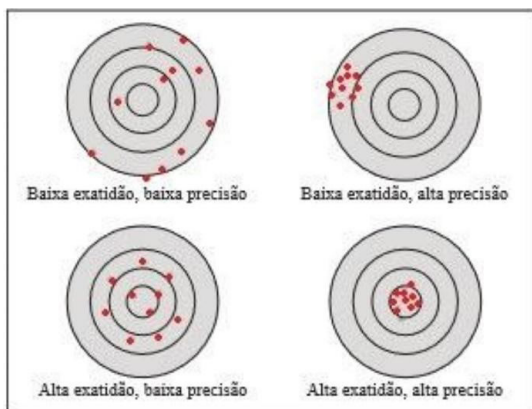
zas ou contagem de entidades. O objetivo de uma medição é determinar o valor do mensurando (grandeza que se pretende medir), associado ao método e procedimento de medição. Em geral, o resultado da medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor do mensurando, sendo necessária a declaração da incerteza dessa estimativa, para expressão do resultado completo.

Resultado de uma medição (VIM 2.9): refere-se ao conjunto de valores atribuídos a um mensurando, juntamente com toda outra informação pertinente disponível. A informação completa do resultado geralmente é composta pelo valor medido e sua incerteza.

Valor Verdadeiro (VIM 2.11): o valor de uma grandeza é compatível com a definição da grandeza. Na abordagem de Erro para descrever as medições, o valor verdadeiro de uma grandeza é considerado único e, na prática, impossível de ser conhecido. Logo, não existe um valor verdadeiro único, mas sim um conjunto de valores verdadeiros consistentes com a definição, sendo impossível de ser conhecido.

Exatidão de Medição (VIM 2.13): é o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro (valor de referência) de um mensurando. Não se trata de uma grandeza, não lhe é atribuído um valor numérico (quantitativo) e, não deve ser utilizado no lugar de precisão. Uma medição é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor. A Figura 1 ilustra bem a relação de precisão e exatidão.

Figura 1 – Ilustração de precisão e exatidão



Fonte: Skoog *et al.* (2008)

A exatidão pode também ser definida como a tendência em apresentar resultado maior ou menor que o valor real, indicando a existência ou não de Erro Sistemático, expresso pelo Erro Relativo (ER). (Albano; Raya-Rodriguez, 2015).

Precisão de medição (VIM 2.15): é o grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas. É geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição, como repetibilidade, precisão intermediária (erroneamente associada a exatidão de medição), reprodutibilidade.

Erro de medição (VIM 2.16): é a diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência. Todo resultado de medição, ainda que corrigido, contém erros de caráter sistemático e aleatório, visto que nem o valor da grandeza realizada nem o valor do mensurando podem ser conhecidos exatamente, apenas seus valores estimados.

Erro sistemático – determinado (VIM 2.17): é componente do erro de medição que, em medições repetidas,

permanece constante ou varia de maneira previsível. Assim como o erro aleatório, não pode ser eliminado, apenas reduzido. Os mais importantes são os erros operacionais, erros devidos a equipamentos ou aos reagentes e os erros inerentes ao método empregado (Mendham *et al.*, 2002; Skoog *et al.*, 2008).

Tendência de medição (VIM 2.18): é a estimativa dum erro sistemático. Indica o percentual do valor de referência que é obtido em termos práticos de uma medição. Esse percentual deve compreender o intervalo entre 90 e 110% para ser considerado satisfatório, definido pela equação a seguir.

$$REC (\%) = \frac{\text{Média do ensaio}}{\text{valor real}} * 100$$

Erro Aleatório – indeterminado (VIM 2.19): é componente do erro de medição que, em medições repetidas, varia de maneira imprevisível. Origina-se de variações temporais ou espaciais, estocásticas ou imprevisíveis, de grandezas de influência. São pequenas variações nas medidas de uma amostra, feitas em sucessão pelo mesmo analista, com todas as precauções necessárias e em condições de análises praticamente idênticas (Harris, 2001). Embora não seja possível compensar este erro num resultado de medição, ele pode geralmente ser reduzido, aumentando-se o número de observações, objetivando “zero” como seu valor esperado.

Repetibilidade (VIM 2.21): é o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medição denominadas “condições de repetibilidade”. Pode ser expressa quantitativamente em termos de característica da dispersão dos resultados, sendo determinada por meio da análise dos padrões, material de referência ou adição do analito a branco da amostra, em várias concentrações na faixa de trabalho. Seu limite é a máxima diferença aceitável entre duas repetições, nas mesmas condições de medição, analista, instrumento, local, menor espaço de tempo (ENTIB, 2020).

Reprodutibilidade (2.25): é o grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando, efetuadas sob condições diferentes e/ou modificadas de medição, as quais incluem: princípio, método e instrumento de medição, operador, padrão de referência, local, tempo, condições de utilização. Esta alternativa é importante na comparação interlaboratorial de metodologias.

Incerteza de medição (VIM 2.26): a incerteza do resultado de uma medição reflete na falta de conhecimento exato do valor do mensurando. O resultado de uma medição, após correção dos efeitos sistemáticos reconhecidos, é ainda e tão somente uma estimativa do valor do mensurando oriunda da incerteza proveniente dos efeitos aleatórios e da correção imperfeita do resultado para efeitos sistemáticos. Em outras palavras, não existe valor exato. Sempre haverá incertezas associadas a cada resultado.

Incerteza-padrão (VIM 2.30): refere-se à incerteza de medição expressa na forma de um desvio-padrão. Pode ser combinada (2.31), relativa (2.32) ou expandida. A primeira, quando esse resultado é obtido por meio dos valores de várias outras grandezas, sendo igual à raiz quadrada positiva de uma soma de termos, que constituem as variâncias ou covariâncias destas outras grandezas, ponderadas de acordo com o quanto o resultado da medição varia com mudanças nestas grandezas; a segunda, no quociente da incerteza-padrão pelo valor absoluto do valor medido; a terceira, o produto de uma incerteza-padrão combinada por um fator maior que o número um (fator de abrangência).

Calibração (VIM 2.39): é a operação que estabelece, sob condições especificadas, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas e, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. Ela pode ser expressa por meio de um diagrama de calibração, uma tabela de calibração ou curva de calibração. No entanto,

eles por si só não fornecem um resultado de medição, visto não conter informações a respeito da incerteza de medição.

Rastreabilidade metrológica (VIM 2.41): é a propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição. A essa cadeia pode-se associar uma sequência de padrões e calibração, por exemplo, utilizados para estabelecer a rastreabilidade metrológica dum resultado de medição.

Indicação do branco (VIM 4.2): obtida a partir de uma substância, corpo ou fenômeno semelhante ao objeto em estudo, garantindo-se que a grandeza de interesse não esteja presente ou não contribua significativamente para a indicação.

Amplitude de medição (VIM 4.5): representa o valor absoluto da diferença entre os valores extremos dum intervalo nominal de indicações (4.4 - indicações extremas, menor e maior valor).

Sensibilidade (VIM 4.12): Num sistema de medição, a sensibilidade é o resultado do quociente da variação de indicação do sistema de medição e a variação do valor da grandeza medida, podendo depender do valor da grandeza medida.

Seletividade (VIM 4.13): é a propriedade de um sistema de medição, utilizado com uma metodologia analítica específica, segundo a qual o sistema fornece valores medidos para um ou vários mensurandos, tais que os valores de cada mensurando sejam independentes uns dos outros ou de outras grandezas associadas ao fenômeno, corpo ou substância em estudo. A verificação da seletividade do método deve ser realizada comparando os resultados obtidos na amostra matriz com e sem analito de interesse.

Resolução (VIM 4.14): é a menor variação da grandeza que causa uma variação perceptível na indicação correspondente. Pode depender, por exemplo, de ruído (interno ou externo) ou de atrito, também do valor da grandeza medida.

Limite de Detecção – LD (VIM 4.18): é o valor medido, obtido por um dado procedimento de medição, para o qual

a probabilidade de declarar falsamente a ausência dum constituinte num material é β , sendo α a probabilidade de declarar falsamente a sua presença (INMETRO, 2012a). Albano; Raya-Rodriguez (2015); Harris (2001), definem o limite de detecção do método como a concentração mínima de uma substância medida e declarada, descrita com 95% ou 99% de confiança como sendo maior do que o branco. No entanto, essa concentração, ainda que detectada, não necessariamente pode ser quantificada, nas condições estabelecidas para o ensaio (INMETRO, 2010). Dentre várias formas de determinação, adotaremos o método do branco da amostra com adição da menor concentração aceitável do analito, conforme a equação abaixo.

$$LD = 0 + t \cdot s$$

t =distribuição de Student dependente da amostra e do grau de confiança-Ver quadro 1;
 s =desvio padrão amostral dos brancos da amostra, com adição do padrão.

Quadro 1 – Valor do teste t Student

Graus de Liberdade (n – 1)	Nível de confiança (%)	
	95 (P = 5%)	99 (P = 1%)
1	12,7	63,7
2	4,30	9,92
3	3,18	5,84
4	2,78	4,60
5	2,57	4,03
6	2,45	3,71
7	2,36	3,50
8	2,31	3,36
9	2,26	3,25
10	2,23	3,17

Fonte: *Skoog et al.* (2006)

Limite de Quantificação (LQ): é a menor quantidade do analito na amostra que pode ser quantitativamente determinada com precisão e exatidão aceitáveis. Na prática, corresponde normalmente ao padrão de calibração de menor concentração, o qual, após definido, deve ser testado com amostras independentes para confirmação se a precisão é satisfatória.

Normalmente este limite é aproximadamente cinco vezes o valor do limite de detecção do método e representa um limite passível de ser alcançado, com uma boa possibilidade de que o valor reportado apresente confiabilidade analítica. Resultados quantificados e inferiores ao LQ devem ser expressos como “< LQ”, sendo imprescindível a apresentação do valor desse limite no certificado da análise (Albano; Raya-Rodriguez, 2015).

Assim como o LD, adotaremos aqui a determinação através do método do branco da amostra com adição da menor concentração aceitável do analito, e equação a seguir.

$$LQ = 0 + 10 \cdot s$$

s = desvio padrão amostral dos brancos da amostra, com adição do padrão.

Estabilidade (VIM 4.19): é a propriedade de um sistema de medição segundo a qual este mantém suas propriedades metrológicas constantes ao longo do tempo, podendo ser expressa quantitativamente.

Curva de calibração (VIM 4.31): é a expressão da relação entre uma indicação e o valor medido correspondente, uma relação biunívoca que não fornece um resultado de medição, pois não contém informações a respeito da incerteza de medição.

Padrão de medição (VIM 5.1): é a realização da definição de uma dada grandeza – por meio de um sistema de medição, uma medida materializada ou um material de referência - com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência.

O VIM define três procedimentos para essa “realização”, a saber: i) realização *stricto sensu* (física) da unidade de medida a partir da sua definição; ii) construção de um padrão altamente reprodutível baseado em um fenômeno físico; iii) adotar uma medida materializada como padrão, como o caso do padrão de 1 kg.

São exemplos de padrão de medição, o “padrão” de medição internacional (5.2) ou nacional (5.3), primário (5.4) ou secundário (5.5), de referência (5.6) ou de trabalho (5.7).

Material de referência (VIM 5.13): é um material suficientemente homogêneo e estável em relação a propriedades específicas, preparado para adequar-se a uma utilização pretendida numa medição ou num exame de propriedades qualitativas. São utilizados para controlar a precisão de medição (materiais de referência com ou sem valores atribuídos), calibração e controle da veracidade de medição (apenas com valores atribuídos).

Para os materiais de referência certificados (VIM 5.14), este deve conter documentação emitida por entidade reconhecida, a qual fornece um ou mais valores de propriedades especificadas com as incertezas e rastreabilidades associadas, utilizando procedimentos válidos.

Média amostral (\bar{x}) - (JCGM C.2.19): representa a soma dos valores medidos dividida pelo número de medições, conforme expresso abaixo.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = valores individuais de *x* que perfazem o conjunto de *n* réplicas de medidas.

Variância (JCGM C.3.2): representa a esperança do seu desvio quadrático em torno de sua esperança.

Desvio-Padrão experimental (JCGM C.3.3): é a raiz quadrada positiva da variância. Mede a proximidade dos dados agrupados em torno da média de medições. Quanto

menor for o desvio, mais perto os dados estarão agrupados em torno da média e, conseqüentemente, mais preciso e exato é o resultado, estando, portanto, mais próximo do valor real (HARRIS, 2001). A determinação do desvio-padrão é realizada por meio da equação abaixo.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \text{ onde } x = \text{valor individual}; \bar{x} = \text{valor médio}; n = n^\circ \text{ repetições.}$$

Erro Relativo (ER): erro de medição dividido por um valor verdadeiro do mensurando (INMETRO, 2012b). Está associado à análise do Erro Sistemático em relação ao valor real. Para tanto, deve-se analisar uma mesma amostra de valor conhecido, em replicatas (5, 7, 10...), e verificar qual é o erro, o qual não deve ultrapassar 5%, a partir da equação abaixo.

$$ER (\%) = \frac{\text{Média das amostragens} - \text{Valor real (conc. do padrão)}}{\text{Valor real (conc. do padrão)}} * 100$$

Faixa de trabalho: é o intervalo que compreende as concentrações da curva de calibração, sendo adaptável para cada objeto de interesse. Ainda que a curva de calibração produza uma equação da reta, o analista não poderá utilizá-la em situações que a resposta analítica resulte em valor final fora desse intervalo. Esse intervalo compreende as concentrações inferior (Limite de Quantificação, LQ) e superior do analito na amostra de ensaio. Segundo ENTIB (2020), “é a faixa de concentrações na qual a sensibilidade pode ser considerada constante”. Sempre que possível, o valor esperado para a amostra de ensaio deve se situar em torno do centro da curva de calibração (Mapa, 2011).

Linearidade: é a capacidade de um método analítico de produzir resultados que sejam diretamente proporcionais à concentração do analito em amostras, dentro de uma determinada faixa de concentração. No limite inferior da faixa, os fatores limitantes são os valores dos limites de detecção e de quantificação. No limite superior, os fatores limitan-

tes dependem do sistema de resposta do equipamento de medição (Medeiros; Raya-Rodriguez, 2015). A quantificação requer que se conheça a dependência entre a resposta medida e a concentração do analito (Mapa, 2011; ENTIB, 2020).

A linearidade é obtida por padronização interna ou externa e formulada como expressão matemática usada para o cálculo da concentração do analito a ser determinado na amostra real, através da equação da reta do tipo $y = a + bx$, onde y é a resposta medida (absorbância); x é a concentração a ser determinada; a é a interseção com o eixo y , quando $x = 0$; e b representa a inclinação da curva analítica ou sensibilidade (INMETRO, 2010).

$$CV (\%) = \frac{\text{Desvio padrão}}{\text{média}} * 100$$

Teste de Grubbs (G): o Teste de Grubbs é um teste estatístico simples, amplamente utilizado para se decidir se um resultado suspeito (valores extremos nas observações amostrais) deve ser mantido ou rejeitado, conforme abaixo. Se o $G_{\text{calculado}}$ for maior que o G_{tabelado} (Quadro 2), esse valor deve ser excluído da amostragem.

Quadro 2 – Coeficientes para Teste de Grubbs (99,5% significância)

Nº Observações	Valor Crítico
3	1,15
4	1,48
5	1,71
6	1,89
7	2,02
8	2,13
9	2,21
10	2,29

Fonte: Grubbs (1969).

Percurso Metodológico

A metodologia empregada para essa investigação consistiu em um levantamento bibliográfico de artigos atrelados a análises ambientais, nas classificações A da plataforma Sucupira (2017-2020), identificando a presença de elementos metrológicos na metodologia e discussão dos resultados. A busca e catalogação dos artigos foi realizada a partir da combinação de 5 palavras-chaves (**Análises ambientais; físico-química; águas; efluentes; metrologia**), nos idiomas português e inglês, objetivando contemplar o maior número possível de estudos relacionados ao tema, tendo o termo **metrologia (metrology)** presente em todas as combinações.

A pesquisa dos periódicos foi realizada nas bases de dados ISI, Scielo e Scopus, google acadêmico, utilizando como período de abrangência os últimos 5 anos. Nesta etapa, 458 artigos foram identificados, sendo selecionada uma amostragem de 30 artigos diversificado em distintas revistas, compreendendo periódicos nacionais e internacionais, todos com atribuição Qualis A, subdivididos em A1 (5 artigos), A2 (10 artigos), A3 (7 artigos), A4 (8 artigos), conforme detalhamento no Quadro 3.

Quadro 3 – Detalhamento dos periódicos selecionados

Qualis	Periódico	Artigo	Autores	Informações metrológicas	Níveis de aprofundamento em critérios metrológicos
A1	Ecological Indicators	Country-scale complementary passive and active biomonitoring of airborne trace elements for environmental risk assessment	Haijun Yuan et al.(2021)	Análise de Componentes Principais (ACP); Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e os testes de esfericidade de Bartlett; valores mínimos, máximos, médios, medianos, e desvio padrão; correlação Pearson; valores zerados.	L1
A1	Journal of Cleaner Production	Physicochemical parameters data assimilation for efficient improvement of water quality index prediction: Comparative assessment of a noise suppression hybridization approach	Mohammad Rezaie-Bal (2020)	Correlação Pearson; p-valores; desvio padrão; nível de significância (5%); software ANOVA; Coeficiente (R2).	L1

A1	Journal of Hazardous Materials	Assessment of industrial wastewater for potentially toxic elements, human health (dermal) risks, and pollution sources: A case study of Gadoon Amazai industrial estate, Swabi, Pakistan	Nisar Muhammad et al.(2021)	<p>Detalha as técnicas utilizadas (clorimetria, eletrometria, titulometria, AAS, Plasma); amostras analisadas em triplicata; definição de incertezas (desvio padrão); ICP calibrado a cada 10 amostras (R2> 0,99); uso statistix 10; amostras não detectáveis (LD); por conta do software, os autores omitem informações relevantes metrologicas.</p> <p>L1</p>
A2	Environmental Technology & Innovation (2020)	Effect of wastewater depth to the performance of short-term batching-experiments horizontal flow constructed wetland system in treating domestic wastewater	Witthaya-phirom et al.(2020)	<p>Aplicativo Minitab versão 12.0; ANOVA de uma via - correlação de significância do fator à resposta; Tukey HSD - teste Pos Hoc (analisar as diferenças significativas entre os resultados obtidos); comparação de Valor P sob $\alpha = 0,05$ ($P < 0,05$); usa os aplicativos, mas não detalha no artigo.</p> <p>L1</p>

A2	International Journal of Phytoremediation (2018)	Efficient bioremediation of tannery wastewater by monostainsand consortium of marineChlorellasp. And Phormidiumsp.	C. Das et al.	Coeficientes de correlação de Pearson; análise de variância (ANOVA) two-way - eficiência das microalgas; testes post hoc Tukey HSD ($p < 0,05$); Incerteza e desvio padrão.	L1
A2	PeerJ reviewing (2019)	Quantitative estimation of wastewater quality parameters by hyperspectral band screening using GC, VIP and SPA	Zeng Xing et al.(2019)	Correlação pearson; regressão mínimos quadrados parciais; modelagem matemática; busca encontrar bandas espectrais para cada parâmetro; raiz quadrada média do erro de calibração (R2C) e de previsão (R2P) – grau de estabilidade de um modelo; desvio de predição relativa (RPD. Entre $> 3,0$ (ótimo) e $\leq 1,5$ (ruim); conjunto de validação, desvio percentual relativo, robustez; valores zerados.	L1
A2	Revista InterEspaço (2021)	Análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas da zona leste de Presidente Prudente/SP entre os anos 2018 e 2019.	Húngaro, Alves; Antunes (2021)	Variância, média, desvio padrão, coeficiente de variação; valores zerados.	L1

A3	Applied Water Science (2021)	Hydrogeochemistry and surface water quality assessment of IB valley coalfield area, India	Sahoo; Sahu, Pradhan (2021)	Coeficiente de correlação de Pearson 'r' (intervalo de confiança de 95%); análise de componentes principais (PCA) - avaliar as inter-relações entre os parâmetros de qualidade da água; precisão analítica a partir de balanço iônico (erro < 5%).	L1
A3	Physics and Chemistry of the Earth(2018)	Principal component analysis and characterization of methane community in a full-scale bioenergy producing UASB reactor treating brewery wastewater	A.M. Enitan et al. (2018)	Correlação Pearson; valores z-ros; média, desvio padrão; coeficiente de lação e análise de variância (ANOVA); PCA - análise estatística multivariada (software XLSTAT 2015).	L1
A3	Water Air Soil Pollut (2021)	Contaminants Inputs at Alambari river, São José dos Campos city, São Paulo State, Brazil	Lee; Bonotto (2021)	Diagramas de Piper e Schoeller (software QualiGraf 1.1); testes de Kumar e Gibbs; matrizes de correlação e gráficos de dispersão (software Jamovi 1.6.23); correlação Pearson, limite de detecção.	L1

A4	Arabian Journal of Geosciences (2021)	Application of artificial neural networks for BOD and COD modelling in Gola River, Uttarakhand, India	Rajwade et al. (2020)	Coeficiente de correlação de Pearson (r); média, máximo, mínimo, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação (CV em %).	L1
A4	Arabian Journal of Geosciences (2022)	Analysis of seasonal variation in surface water quality and water quality index (WQI) of Amba River from Dolvi Region, Maharashtra, India	Jaybhaye et al. (2022)	Principal Component Analysis (PCA); valores de incerteza maior que resultado, como DBO, por exemplo (14,2 ± 40).	L1
A4	Engenharia Sanitária & Ambiental (2022)	Caracterização físico-química dos 5 primeiros milímetros da precipitação obtida de um amostrador para uso na irrigação da agricultura urbana em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil	Novais; Queiroz (2022)	Teste de normalidade de Shapiro-Wilk (95% de confiança); software SigmaPlot versão 12.0; estatística descritiva, com o cálculo das variáveis quantitativas de mediana e amplitude interquartil; fórmula z-score e Análise de Componentes Principais (ACP) com rotação Varimax – validação pelos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett; Amostragens em triplicatas; análise estatística; valores zerados.	L1

A4	Toxin Reviews (2023)	Determination and seasonal analysis of physicochemical characterization and metals of landfill leachate in Bushehr port along the Persian Gulf	Azam Mohamadia (2023)	Softwares Minitab 17 e XLSTAT 2018; normalidade da distribuição dos dados - Kolmogorov-Smirnov test. Estatísticas descritivas, incluindo média e desvio padrão, analisadas ao lado de ANOVA de uma via; correlação de Pearson; análise de componentes principais (PCA); significância estatística (valores de $p < 0,05$); média e desvio padrão.	L1
A1	Ecological Indicators (2021)	Comparing ecotoxicological and physicochemical indicators of municipal wastewater effluent and river water quality in a Baltic Sea catchment in Poland	SZklarek et al. (2021)	Valores medianos, mínimos e máximos; apresenta valores zeros; não há LD/LQ.	L2
A2	Frontiers in Environmental Science (2020)	Analysis of Water Pollution Using Different Physicochemical Parameters: A Study of Yarmuna River	Rohit Sharma et al. (2020)	Modelo matemático; média e desvio padrão; equação da reta e R2.	L2

A2	Environmental Science and Pollution Research (2019)	Determination of biochemical oxygen demand and dissolved oxygen for semi-arid river environment: application of soft computing models	Hai Tao et al. (2019)	Estatística básica: mínimo, máximo, mediano, média, desvio padrão, coeficiente de variação; modelo matemático.	L2
A2	Journal of Water Process Engineering (2021)	Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation	Priscila Vega Andrade et al. (2021)	Parâmetros: cor aparente, turbidez, BOD, COD, TOC, nutrientes, lodo gerado, pH e alcalinidade; efeitos na carga bacteriana (coliformes totais e Escherichia coli); faixa média e desvio padrão.	L2
A2	Revista Con-cilium	Agrotóxicos em poços artesanais do sudoeste paranaense e alterações genéticas em indivíduos abastecidos por esses poços	Perin et al. (2022)	Parâmetros cromatográficos; resultados dispõe de LQ; todos os parâmetros realizaram curvas, com correlação > 0,99.	L2

A2	Revista de Geociências do Nordeste (2021)	Análise da qualidade da água de poços de monitoramento em área de disposição de resíduos sólidos urbanos no sul do Brasil	Willian Ferrando de Borba et al. (2021)	Apresentação de Limite de Detecção, ainda que não apresente o meio de obtenção; Valores incompatíveis de LD, como 0,0 (condutividade elétrica), 18 (coliformes); 1,0 (DBO); 5,0 (DQO); valores acima do VMP não identificados; não apresenta tabela com valores; correlação Pearson; valores apenas discutidos sem mencionar resultados.	L2
A3	Brazilian Journal of Biology (2022)	Physicochemical, microbiological and parasitological analysis of water for human consumption in a quilombola community in Alagoas	Correia; Rocha (2022)	Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e submetido ao teste de normalidade utilizando o software livre Ação; resultados comparados com indicadores de potabilidade para água potável; norma desatualizada; nenhum dado metroológico; valores zerados; mistura nos coliformes entre quantitativo e qualitativo.	L2

A3	Brazilian Journal of Biology (2022)	Histological biomarkers and biometric data on trahira <i>Hoplias malabaricus</i> (Pisces, Characiformes, Erythrinidae): a bioindicator species in the Meaurim river, Brazilian Amazon	Freitas et al. (2022)	Apresenta incerteza. No entanto, em algumas análises, expressa valores como zero acrescido da incerteza.	L2
A3	Environ Monit Assess (2019)	Impact of small municipal solid waste landfill on groundwater quality	Grzegorz Przydatek; Włodzimierz Kano-wnik (2019)	Apenas teste p (<0,05); Limite de Quantificação para análises de metais e físico-química.	L2
A4	Revista Desafios (2020)	Aspectos físico-químicos e microbiológicos da água de consumo disponível para a comunidade rural de Patrimônio dos Poncianos/MG	Andrade; Melo (2020)	Análise de variância e teste de média de Tuckey (nível de significância de 5%); análises microbiológicas - resultado médio das amostras e comparado com legislação vigente; parâmetros: pH, CE, turbidez, CT, CTT, cloretos, dureza, nitratos, salinidade.	L2

A1	Scientific Reports	Physicochemical and biological analysis of river Yamuna at Palla station from 2009 to 2019	Joshi, P. et al. (2020)	Parâmetros - OD, DBO, Alcalinidade, DQO, STD; nenhuma informação metrológica, apenas dados de análises, sem resolução, seguindo comparativo com valores de referência em legislações; não há segurança quanto a valores no que tange a incertezas.	L3
A2	Environmental Technology & Innovation (2019)	Performance of continuous pilot subsurface constructed wetland using Scirpus grossus for removal of COD, colour and suspended solid in recycled pulp and paper effluent	Yusoff et al. (2019)	Remoção de cor, sólidos suspensos e DQO; apenas percentual de remoção e incerteza.	L3
A2	Geosul, Florianópolis (2020)	Análise da atividade cemi-terial na qualidade da água no município de Presidente Prudente-SP	Costa et al. (2020)	Nenhuma informação metrológica.	L3
A2	Revista de Geografia (2020)	Características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas do aquífero Boa Viagem na porção leste do bairro da Várzea – Recife/PE	Santos et al. (2020)	Nenhuma informação metrológica; valores zerados ou expressos em traços (ferro, nitrato); diagrama triangular de Piper	L3

A3	Hydrology (2023)	Assessing the Impacts of Land Use and Land Cover Changes on the Water Quality of River Hooghly, West Bengal, India: A Case Study	Goswami et al. (2023)	Nenhum registro metroológico, apenas dados em gráficos.	L3
A4	Engenharia Sanitária & Ambiental (2019)	Reciclagem de éter-aminas, utilizadas na flotação de minério de ferro, por meio da adsorção	Fernandes et. al.(2019)	Análises de turbidez, pH e éter-diamina; nenhuma informação metroológica.	L3
A4	Engenharia Sanitária & Ambiental (2022)	Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de Allium cepa	Jacoboski; Fachinnetto (2022)	Parâmetros: DBO, DQO, PT, nitrogênio; surfactantes, sólidos suspensos, IET; cita Limite de Quantificação, mas não apresenta valores.	L3
A4	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente (2021)	Análise ambiental de nascentes do bairro Fontes no município de Soledade (RS), Brasil	Santos et al. (2021)	O artigo apresenta legislação desatualizada (Port. 2914/2011); não dispõe de dados analíticos nem análise metroológica; expressa valores acima do permitido e ao mesmo tempo, ausência em 100 mL para coliformes (qualitativo); mistura de legislações (PRC 05/2017; 2914/11)	L3

Fonte: Base de Dados Scielo; Capes.

A classificação dos artigos selecionados, compreendeu quatro sub-classes, do estrato A da avaliação Sucupira, envolvendo 26 revistas científicas nacionais e internacionais, não ultrapassando dois artigos por revistas, objetivando assim, alcançar maior diversidade na pesquisa. O grupo temático adotado foi o das Ciências Ambientais, sendo predominante a realização de ensaios analíticos físico-químicos, como DBO, Condutividade elétrica, pH, Cloretos, fósforo e outros; biológicos - coliformes, cianobactérias, fitoplâncton etc.; e micronutrientes, como cádmio, chumbo, níquel, zinco, ferro, dentre outros.

Resultados e discussão

O Quadro 4 apresenta a caracterização dos artigos de acordo com as informações metrológicas identificadas. Para tal, eles foram enquadrados em três níveis de aprofundamento em critérios metrológicos – L1 (elevado aprofundamento); L2 (moderado aprofundamento); L3 (baixo aprofundamento ou nenhum aprofundamento).

Quadro 4 – Classificação dos artigos em níveis de identificação metrológica.

Classificação	Qualis A	Quantidade Artigos (n)	Percentuais (%)
L1 (43%)	A1	3	23
	A2	4	31
	A3	3	23
	A4	3	23
L2 (30%)	A1	1	11
	A2	4	44,5
	A3	3	33,5
	A4	1	11

L3 (27%)	A1	1	12,5
	A2	3	37,5
	A3	1	12,5
	A4	3	37,5

Fonte: Autores.

Em linhas gerais, considerando a aleatoriedade da seleção dos artigos, conforme é possível identificar no Quadro 5, observa-se percentuais significativos nos três níveis de classificação. Em se tratando do paralelo com o Qualis A, os estratos em todas as classificações apresentaram artigos enquadrados, nos três níveis de profundidade metro-lógica (elevado, moderado e baixo). Ademais, fazendo um paralelo entre os percentuais, artigos Qualis A2 apresentaram maior profundidade (I1) do que o Qualis A1; para os de baixa profundidade, observou-se comportamento similar entre os Qualis A2 e A4, compreendendo 75% do total de artigos identificados nesse subgrupo (8).

No nível I1, do universo de 13 artigos, 10 utilizaram coeficiente de correlação de Pearson, utilizado quando dois itens numéricos estão relacionados, compreendendo um valor entre +1 e -1, sendo o primeiro – correlação positiva perfeita; o segundo – correlação negativa perfeita; e o zero – nenhuma correlação linear (Rumsey, 2019). As informações de desvio padrão, de grande relevância na análise estatística, esteve presente em 61,5% dos artigos. Sua presença evidencia, no mínimo, a realização repetitiva de ensaios, minimizando erros operacionais.

A Análise de Componentes Principais (ACP) - técnica da estatística multivariada que se baseia na redução de variáveis, pelas combinações lineares das variáveis originais, preservando parte da variabilidade do conjunto de dados, facilitando a interpretação de dados com menores variáveis e identificar aquelas de maior influência (Nogarotto; Lima;

Pozza, 2020) – representou 46 % dos trabalhos. Destaca-se ainda a análise de variância (Anova), correspondendo a 38%.

Uma observação relevante é quanto à interpretação desconforme de resultados, uma vez que, mesmo com a utilização de métodos estatísticos avançados, como o ACP, correlação Pearson, Anova e softwares como Sigmaplot e XLSTAT, foram identificados valores zerados nos resultados apresentados (Enitan *et al.*, 2018; Xing *et al.*, 2019; Yuan *et al.*, 2021; Novais; Queiroz, 2022). Analiticamente, não é possível afirmar quantitativamente a ausência de concentração, visto que técnicas mais avançadas ou equipamentos de maior sensibilidade poderão identificar traços correspondentes aos elementos. Outro ponto a ser considerado é a incerteza maior que o valor do parâmetro, identificado na pesquisa de Jaybhave *et al.* (2022), uma relação, no mínimo, equivocada.

Para o nível I2, a predominância de informações básicas estatísticas, como limites de detecção e quantificação, correlação, desvio padrão e afins, corresponderam a 67% dos artigos, conforme Tao *et al.* (2019); Sharma *et al.* (2020), Andrade *et al.* (2021), e Perin *et al.* (2022). Relativo ao percentual complementar (33%), ocorreu maior detalhamento e utilização de softwares e métodos estatísticos avançados, como ACP e Pearson (Borba *et al.*, 2020; Andrade; Melo, 2021). No percentual predominante, observou-se situação similar ao grupo I1, com valores zerados acrescidos de incertezas, bem como resultados qualitativos associados à quantitativos (Freitas *et al.*, 2022; Rocha, 2022). Nessa mesma linha, Borba *et al.* (2021), dispõe de Limites de Detecção zerados, ou maior que resultados. Como exemplos, Condutividade elétrica (LD 0,00) e DQO (LD 5,0).

O nível de classificação I3, de maior “fragilidade” metrológica, compreendeu 75% dos artigos sem qualquer informação estatística, e 25%, com informações básicas, como incerteza e limite de quantificação. Este, citado no

trabalho, mas não evidenciado nos resultados (Jacoboski; Fachinetto, 2022). A pesquisa de Santos (2020), classificada como A2, destaca o uso do diagrama de Piper, sem elucidá-lo na escrita. Yusoff *et al.* (2019) na pesquisa para remoção de cor e sólidos suspensos em efluentes de estação de tratamento de celulose, também não evidencia informações metrológicas para fortalecimento dos dados apresentados. No trabalho de Joshi *et al.* (2020), o qual realiza avaliação de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), e classificada como Qualis A1, as informações contidas não transmitem segurança, em virtude da inconsistência dos resultados comparados com legislações, a ausência de resolução nos dados, resultados zerados, sem incertezas ou limites mínimos quantificáveis.

Os artigos do nível I3 com classificação A3 e A4 (Qualis), como Goswami *et al.* (2023); Jacoboski e Fachinetto (2022); Santos *et al.* (2021) e Fernandes *et al.* (2019), seguiram a mesma linha que os demais do grupo, com dados analíticos laboratoriais sem apresentação de estudos analíticos e estatísticos dos dados, corroborando para insegurança na interpretação e análise no presente estudo.

Conclusões

O estudo desenvolvido no presente trabalho de conclusão de curso consiste em um ponto de partida na busca de soluções e fortalecimento da importância da inclusão e utilização da metrologia em pesquisas acadêmicas. Baseado apenas nas informações disponibilizadas nos artigos, a análise concentrou-se apenas nos resultados experimentais contidos, sem levar em consideração a possibilidade de informações complementares, suprimidas pelos autores. No entanto, considerando a relevância dessas informações para a comunidade acadêmica, a ausência corroborou para a fragilidade e inconsistência do produto final aprovado nas

diversas revistas científicas nacionais e internacionais.

A continuidade do estudo pode contemplar diversas frentes, desde a consulta aos editores de revistas acadêmicas quanto aos critérios internamente estabelecidos (caso existam), para análise dos dados experimentais, passando pelos avaliadores e pesquisadores. Compreender como o processo ocorre nesses distintos grupos interligados poderá contribuir para a inserção futura de exigências atreladas à metrologia em artigos que envolvam avaliações experimentais laboratoriais.

Por hora, a conclusão que se tem é a grande fragilidade no processo, em parte, conforme diagnosticado neste trabalho, pela ausência desses critérios, os quais podem, inclusive, estar associados à vivência acadêmica limitada de avaliadores e pesquisadores no universo metrológico e seus constantes avanços, concentrando-se, muitas vezes, em softwares que disponibilizam as informações e estudos estatísticos, sem conhecimento teórico aplicado dos usuários.

Referências Bibliográficas

AL-AJALIN, F. A. H. *et al.* Effect of wastewater depth to the performance of short-term batching-experiments horizontal flow constructed wetland system in treating domestic wastewater. **Environmental Technology & Innovation**, v.20, nov. 2020.

ALBANO, F. M.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. **Validação e garantia da qualidade de ensaios laboratoriais (e-book)**. Porto Alegre/RS: Rede Metrológica-RS, p. 130, 2015.

ALBERTAZZI, A. G.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. 2ª ed. Barueri/SP: Manole, 2018.

ANDRADE, P. V. *et al.* Use of Moringa oleifera seed as a natural

coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physico-chemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation. **Journal of Water Process Engineering**, v. 40, 2021.

ANDRADE, W. C.; MELO, C. M. T. Aspectos físico-químicos e microbiológicos da água de consumo disponível para a comunidade rural de Patrimônio dos Poncianos/MG. **Revista Desafios**, v. 7, n. 3, p. 337-348, out. 2020.

APHA *et al.* (2017). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23th Washington D C: American Public Health Associations, 2017.

ARENCIBIA, R. V. *et al.* **Incerteza de medição: Metodologia de cálculo, conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro/RJ: Interciência, 2019.

BORBA, W. F. *et al.* Análise da qualidade da água de poços de monitoramento em área de disposição de resíduos sólidos urbanos no sul do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 2, p. 306-316, jul. – dez. 2021.

CAPES A. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/index.xhtml/#>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CAPES B: Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez139.periodicos.capes.gov.br/index.php/sobre/quem-somos.html>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CORREIA, M. S. *et al.* Physicochemical, microbiological and parasitological analysis of water for human consumption in a quilombola community in Alagoas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, maio 2022.

COSTA, L. A.; SILVA, P. A.; ANTUNES, P. A. Análise da atividade cemiterial na qualidade da água no município de Presidente Prudente-SP. **Geosul**, v. 35, n. 76, p. 298-325, set./dez. 2020.

DAS C. *et al.* Efficient bioremediation of tannery wastewater by monostrains and consortium of marine *Chlorella* sp. and *Phormidium* sp. **Int J Phytoremediation**, v. 23, n. 20, p. 284-292, fev. 2018.

DIAS, J. L. M. **Medida Normalização e Qualidade Aspectos da história da metrologia no Brasil**. Rio de Janeiro/RJ: INMETRO, 1998.

ENITAN, A, M. *et al.* Principal component analysis and characterization of methane community in a full-scale bioenergy producing UASB reactor treating brewery wastewater. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 108, p. 1-8, jun. 2018.

ENTIB. **Validação de métodos de ensaios**. Rio de Janeiro/RJ: SBM, 2020.

FERNANDES, H. D. *et al.* Reciclagem de éter-aminas, utilizadas na flotação de minério de ferro, por meio da adsorção. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 24, n.2, p. 251-260, mar-abr 2019.

FILHO, B. A. R.; SORATTO, A. N. Metrologia legal no Brasil e consolidação da RBMLQ-I como modelo para o controle metrológico legal. **7º Congresso Brasileiro de Metrologia**, Ouro Preto/MG, nov. 2013.

FREITAS, L. C. *et al.* Histological biomarkers and biometric data on trahira *Hoplias malabaricus* (Pisces, Characiformes, Erythrinidae): a bioindicator species in the Mearim river, Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**. V. 82, ago. 2022.

GALVÃO, T. R. Study on the importance of metrology in Brazil. **Amazonlivejournal**. v. 3, n.4, pp. 1-06, 2021.

GOSWAMI, G. *et al.* Assessing the Impacts of Land Use and Land Cover Changes on the Water Quality of River Hooghly, West Bengal, India: A Case Study. **Hydrology**, v. 70, n. 71, mar. 2023.

HAIJUN, Y. *et al.* Country-scale complementary passive and active biomonitoring of airborne trace elements for environmental risk assessment. **Ecological Indicators**, v. 126, jul. 2021.

HUNGARO, F. M.; ALVES, M. R.; ANTUNES, P. A. Análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas da zona leste de Presidente Prudente/SP entre os anos 2018 e 2019. **Revista InterEspaço**, v. 7, p 1-22, ago. 2021.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM 2012**. Duque de Caxias/RJ. INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012a.

INMETRO. **Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008: Avaliação de dados de medição**. Duque de Caxias/RJ. INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012b, 141p.

JACOBOSKI, B. K.; FACHINETTO, J. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 27, n.3, p. 489-497, mai-jun 2022.

JAYBHAYE, R. *et al.* Analysis of seasonal variation in surface water quality and water quality index (WQI) of Amba River from Dolvi Region, Maharashtra, India. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 15, p. 1-14; jul. 2022.

JOSHI, P. *et al.* Physicochemical and biological analysis of river Yamuna at Palla station from 2009 to 2019. **Scientific Reports**, v. 12, fev. 2022.

LEE, I. G.; BONOTTO, D. M. Contaminants Inputs at Alambari river, São José dos Campos city, São Paulo State, Brazil. **Water Air Soil Pollution**, v. 232, n. 487, p. 1-23, nov. 2021.

MAPA. **Guia de validação e controle de qualidade analítica**. Brasília/DF: MAPA/ACS, 2011.

MENDES, A.; ROSÁRIO, P. P. N. **Metrologia e incerteza de medição**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro/RJ: LTC, 2020.

MOHAMMAD, R. Physicochemical parameters data assimilation for efficient improvement of water quality index prediction: Comparative assessment of a noise suppression hybridization approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 271, out. 2020.

MOHAMMADI A. *et al.* Determination and seasonal analysis of physicochemical characterization and metal(oid)s of landfill leachate in Bushehr port along the Persian Gulf. **Toxin Reviews**, v. 42, n. 1, p. 161-175, jan. 2022.

MUHAMMAD, N. *et al.* Assessment of industrial wastewater for potentially toxic elements, human health (dermal) risks, and pollution sources: A case study of Gadoon Amazai industrial estate, Swabi, Pakistan. **Journal of Hazardous Materials**, v. 419, out. 2021.

NOVAIS, C. M.; QUEIROZ, T. M. Caracterização físico-química dos 5 primeiros milímetros da precipitação obtida de um amostrador para uso na irrigação da agricultura urbana em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 27, n.5, p. 957-966, set-out 2022.

ONOFRE, E. J. O. Medidas de comprimento e de área: um estudo sobre unidades de medidas e sobre o cálculo de áreas de algumas figuras planas. **Trabalho de Conclusão de Curso**. UFPB, 2018.

PERIN D. P. *et al.* Agrotóxicos em poços artesianos do sudoeste paranaense e alterações genéticas em indivíduos abastecidos por esses poços. **Revista Concilium**. V. 22, n. 1, p. 110-130, fev. 2022.

PRZYDATEC, G.; KANOWNIK, W. Impact of small municipal solid waste landfill on groundwater quality. **Environ Monit Assess**, v. 191, n. 169, fev. 2019.

SAHOO, B. P.; SAHU, H. B.; PRADHAN, D. S. Hydrogeochemistry and surface water quality assessment of IB valley coalfield area, India. **Applied Water Science**, v. 11, n. 153, p. 1-27, ago. 2021.

SANTOS, L. B. *et al.* Análise ambiental de nascentes do bairro Fontes no município de Soledade (RS), Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, supl. 2, nov. 2020.

SANTOS, R. M. Características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas do aquífero Boa Viagem na porção leste do bairro da Várzea – Recife/PE. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 405-421, nov. 2020.

SBM. **O novo Sistema Internacional de Unidades**. Rio de Janeiro/RJ: Sociedade Brasileira de Metrologia, 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha_O_novo_SI_29.06.2029.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

SHARMA R. *et al.* **Analysis of Water Pollution Using Different Physicochemical Parameters: A Study of Yamuna River**. *Frontiers in Environmental Science*, v. 8, dez. 2020.

SKOOG, D. A. *et al.*; Trad. GRASSI, M. T. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição Norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SZKLAREK S. *et al.* Comparing ecotoxicological and physicochemical indicators of municipal wastewater effluent and river water quality in a Baltic Sea catchment in Poland. **Ecological Indicators**, v. 126, mar. 2021.

TAO H. *et al.* Determination of biochemical oxygen demand and dissolved oxygen for semi-arid river environment: application of soft computing models. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 923-937, nov. 2018.

THOMAS, M. J. K. *et al.* VOGEL: **Análise Química Quantitativa**. São Paulo: LTC, 2002.

XING Z, *et al.* Quantitative estimation of wastewater quality parameters by hyperspectral band screening using GC, VIP and SPA. **PeerJ**, v. 12, n. 7, dez. 2019.

YUSOFF, M. F. M. *et al.* Performance of continuous pilot sub-surface constructed wetland using *Scirpus grossus* for removal of COD, colour and suspended solid in recycled pulp and paper effluente. **Environmental Technology & Innovation**, v. 13, p. 346 – 352, fev. 2019.

CAPÍTULO 4

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA
INFORMAÇÃO APLICADAS À GESTÃO DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Introdução

Um dos principais impactos ambientais do planeta é causado pela produção e descarte de resíduos da indústria da construção civil, seja pelo uso irracional das jazidas de recursos naturais ou pela quantidade de resíduos gerados e descartados diariamente, como destacou Baptista Junior e Romanel (2013).

O aumento da geração dos resíduos sólidos está associado ao desenvolvimento dos centros urbanos. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2015), a geração de resíduos das construções e demolições nas cidades de grande e médio porte é cerca de 40 a 70% dos resíduos sólidos totais gerados nos municípios, cujo destino incorreto ocasiona prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

O gerenciamento dos resíduos gerados na construção civil tem papel fundamental na minimização de impactos causados ao meio ambiente, tendo em vista que a redução desses resíduos na própria obra e o direcionamento correto para reutilização e reciclagem evitam demandas por áreas para disposição e descarte irregular, que afeta diretamente a saúde e a qualidade de vida da população (Klein *et al.*, 2017). Mesmo em empreendimentos mais sustentáveis, os resíduos da construção civil (RCC) não são totalmente eliminados (Hasmori *et al.*, 2020), logo se faz necessário o controle de sua geração, seja por meio de técnicas de gerenciamento das obras (Silva *et al.*, 2021) visando sua minimização, ou novas tecnologias de prevenção desde a concepção de projeto (Guerra *et al.*, 2020).

O Brasil dispõe de política que estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (RCC) disciplinando ações para minimizar os impactos ambientais ocasionadas pela exploração dos recursos naturais e pela destinação incorreta de resíduos no meio ambiente (Brasil, 2002). A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 307/2002 que já foi alterada pelas resoluções CONAMA nº 348/04, CONAMA nº 431/2011, CONAMA nº 448/2012 e CONAMA nº 469/2015 (Brasil, 2004; 2011; 2012; 2015) apresenta instrumentos focados na redução, reutilização e reciclagem e define as diretrizes para os municípios brasileiros e o Distrito Federal, que foram reforçados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Brasil, 2010). Os Planos Integrados de Gerenciamento também são objetos dessas legislações, onde deve ser identificada a responsabilidade dos geradores, levando-os a assumir soluções para os agentes envolvidos desde a geração até a disposição final (Souza, 2017; Brasil, 2002; 2010).

Após a publicação da Resolução CONAMA nº 307/2002 diversos materiais didáticos foram disponibilizados para apoiar na elaboração de planos de gerenciamento de RCC. Silva *et al.* (2020) analisando manuais e cartilhas disponíveis eletronicamente sobre o planejamento e a implantação do gerenciamento de RCC nos canteiros de obras no Brasil concluíram que todos os materiais têm boa apresentação e conteúdos pertinentes, no entanto, nenhum deles apresentou todos os itens previstos nas legislações mais atualizada.

A gestão de RCC envolve variáveis que quando avaliadas em conjunto conduzem para resultados mais satisfatórios do que quando analisadas separadamente (Ye *et al.*, 2012; Marzouk *et al.*, 2014; Cristiano *et al.* 2021). Assim, é importante utilizar ferramentas tecnológicas para a abordagem dos diversos fatores que influenciam na tomada de decisão visando a redução do impacto ambiental causado pela geração dos resíduos da construção civil (Tessaro *et al.*, 2012; Abreu *et al.*, 2016).

As tecnologias da informação no contexto da gestão de RCC, tais como a utilização *softwares*, tem sido cada vez mais importante no controle e no processo de tomada de decisão nos canteiros de obras, sejam elas estratégicas, táticas ou operacionais, visando à minimização, reuso e reciclagem desses materiais.

Para as cidades, é importante incorporar a utilização de novas tecnologias de modo a se ter uma gestão sustentável dos resíduos de construção gerados por grandes empresas ou para os pequenos geradores em reformas, demolições ou construções. Esses últimos, muitas vezes não realizam o descarte adequado em função de baixo conhecimento da legislação, por falta de fiscalização e de serviços que não são disponibilizados pela gestão municipal para esse tipo de gerador (Morais, 2006).

Diante desse contexto, o objetivo deste estudo é avaliar, a partir de uma revisão de literatura, a utilização de sistemas de informação tais como *softwares* e aplicativos, em atividades de gestão de resíduos de construção civil pelos municípios, sobretudo, analisando suas características, aplicação e resultados nos contextos utilizados.

Percurso metodológico

A metodologia utilizada neste artigo foi de revisão da literatura descrita conforme Bento (2012), sendo uma ferramenta que aponta como outros pesquisadores já trataram as questões de um determinado tema. A investigação buscou artigos que utilizam ferramentas tecnológicas em atividades de gestão de resíduos de construção civil, seguindo-se os passos: identificação das palavras chaves; realização de análise de fontes secundárias; reunião de fontes primárias e realização da leitura crítica da produção científica encontrada. As bases de dados utilizadas para a localização e seleção dos

artigos foram: *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*.

As palavras-chave utilizadas foram: resíduos da construção e demolição, gestão de resíduos, *software*, aplicativo, sistema de informação e tecnologia, nos idiomas português e inglês. Os critérios de inclusão se deram para artigos publicados no recorte temporal de janeiro de 2010 a maio de 2021 e os critérios de exclusão foram: artigos de revisão de literatura; trabalhos acadêmicos, tais como monografias, dissertações e teses além de artigos de periódicos publicados fora do recorte temporal e aqueles que não estavam disponíveis para leitura na íntegra de forma gratuita.

Optou-se por usar como destaque de busca o termo “resíduos da construção e demolição”, de forma isolada nas duas bases de dados, em inglês e português. Porém, em ambas, o índice de aparecimento de artigos foi muito alto, envolvendo todos os tipos de pesquisas com esses termos. Na base de dados *Google Scholar* restringiu-se a busca para artigos com o termo “resíduos da construção e demolição” apenas no título, utilizando o comando “*allintitle*”.

Posteriormente o termo “resíduos da construção e demolição” passou a ser combinado com as demais palavras-chave, adicionando-se operadores *booleanos* “E” e “AND” em português e inglês, respectivamente. De forma a se obter artigos com termos diretamente relacionados com o tema deste estudo, as combinações eram escritas entre aspas.

A maior parte das produções científicas encontradas no período avaliado era de estudos que versavam apenas dos aspectos de geração dos resíduos da construção civil, tais como fatores intervenientes e indicadores de geração, não envolvendo, portanto, técnicas de gestão com uso de *softwares*, e neste caso, essas produções se enquadraram nos critérios de exclusão. Muitas produções eram de livros, teses e dissertações, também tendo sido excluídas para análises.

Os resultados serão apresentados conforme os critérios de inclusão com foco por estudos que evidenciaram o uso de *softwares* como ferramentas capazes de auxiliar na gestão de resíduos da construção e demolição. Ao todo, foram selecionados doze artigos obedecendo os critérios pré-estabelecidos, passando a ser analisados com leitura detalhada para se conhecer as principais características, metodologias e aplicação da tecnologia.

Resultados e discussões

Os doze artigos encontrados nessa revisão (Quadro 1), se encontram em duas categorias: aplicação para sistemas de gestão municipal de RCD e aplicação em sistemas de gestão de RCC em canteiro de obras. Dos doze artigos, cinco possuem seus estudos desenvolvidos no Brasil, e os demais foram desenvolvidos no Egito, Irã, Espanha, Itália, China e Estados Unidos da América.

Quadro 1 - Revisão de publicações sobre uso de tecnologias de informação voltadas para a gestão de RCC

Categoria	Fonte	País de estudo	Título	periódico
Gestão municipal	Tessaro et al. (2012)	Brasil	Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS	Ambiente Construído
	Scremin et al. (2014)	Brasil	Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte	Engenharia Sanitária e Ambiental
	Marzouk et al. (2014)	Egito	Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics	Resources, Conservation and Recycling
	Ahmadvand et al. (2014)	Irã	Analysis of Tehran construction and demolition waste management with system dynamics approach	Asiana Research Consortium
	Calvo et al. (2014)	Espanha	A Dynamic Model for Construction and Demolition (C&D) Waste Management in Spain: Driving Policies Based on Economic Incentives and Tax Penalties	Sustainability
	Galarza et al. (2015)	Brasil	Modelo dinâmico de sistemas para gerenciamento de resíduo da construção civil na cidade de Porto Alegre: estudo de caso	Engenharia Sanitária e Ambiental
	Cristiano et al. (2021)	Itália	Construction and demolition waste in the metropolitan city of Naples, Italy: state of the art, circular design, and sustainable planning opportunities	Journal of Cleaner Production

Gestão de RCC em canteiro de obras	Ye et al. (2012)	China	Simulating effects of management measures on the improvement of the environmental performance of construction waste management	Resources, Conservation and Recycling
	Yuan (2012)	China	A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste	Waste Management
	Paz et al. (2016)	Brasil	Forecasting of construction and demolition waste in Brazil	Waste Management and Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy
	Abreu et al. (2016)	Brasil	Software para gestão de resíduos sólidos da construção civil	Tecnia
	Guerra et al. (2020)	EUA	4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams	Waste Management

Fonte: Os autores

Os artigos possuem uma abordagem sistêmica para a tomada de decisão mais adequada, seja com implementação de tecnologias para reuso e reciclagem, seja para criação de normas e legislações que incentivem a melhoria desse processo (Yuan *et al.* 2012; Ahmadvand *et al.* 2014; Calvo *et al.*, 2014).

Conforme pode se verificar no quadro 01, dos doze artigos analisados, sete tinham foco no uso das tecnologias de informação aplicados na gestão municipal incluindo-se análises de possíveis aproveitamento dos resíduos e a

perspectiva de transição para economia circular, estudos de impacto econômico e ambiental com implementação de reciclagem ou reuso de RCC e análise desses resíduos para produção de novos materiais. Os demais artigos tiveram abordagens voltadas para o gerenciamento do canteiro de obras ou no planejamento do projeto, visando a minimização na geração de resíduos.

A abordagem utilizada em oito artigos era a da implementação de sistemas dinâmicos com o emprego de tecnologia de *softwares* capazes de auxiliar na tomada de decisão para práticas de gestão de resíduos, sendo cinco deles aplicados diretamente em formato de estudo de caso, isto é, com sua metodologia direcionada na coleta e análise de dados para determinada localidade. Os *softwares* mais citados nos estudos de modelagem de sistemas foram o Stella[®] e Vensim[®] e iThink[®]. Os demais artigos apresentaram o modelo metodológico no desenvolvimento dos sistemas, pontuando possíveis impactos causados por sua aplicabilidade.

Para a gestão de RCC é fundamental que se tenham diagnósticos conforme preconiza a legislação (Brasil, 2002; 2010). Tessaro *et al.* (2012) realizaram um diagnóstico na cidade de Pelotas-RS, alimentando um *software* desenvolvido para auxiliar municípios de pequeno porte no gerenciamento do RCD. Os conceitos metodológicos do *software* foram detalhados em Scremin *et al.* (2014), apontando as suas características e todos os benefícios para a sua utilização. Com base nos dados inseridos, o sistema é capaz de fornecer informações importantes para direcionamento da gestão dos RCC nas cidades, tais como: demandas por pontos de entrega voluntária; área necessária para implantação de transbordo e triagem (ATT) de resíduos; volumes de resíduos gerados conforme classificação da resolução CONAMA nº 307/2002 (Brasil, 2002); áreas necessárias para a implantação de uma central de reciclagem. Além disso, o sistema também disponibiliza documentos técnicos referentes às formas de reciclagem de RCD Classe A, aterros de

inertes, programa de informação ambiental e fiscalização e características da base jurídica (Tessaro *et al.*, 2012).

No contexto de reciclagem de RCD como alternativas para gestão desses resíduos Marzouk *et al.* (2014) utilizaram a dinâmica de sistemas para avaliar os impactos econômicos e ambientais da reciclagem ou descarte em aterros, apresentando resultados para um estudo de caso aplicado ao Egito. Essa metodologia de dinâmica de sistemas é bastante utilizada em gerenciamento de projetos de construção, visando melhorar a solidez e eficácia do processo de tomada de decisão. O modelo utiliza *software* Stella[®] para examinar a interação entre as variáveis e simula vários cenários para subsidiar os gestores na busca da melhor alternativa dentro de cada cenário. São identificadas as principais variáveis que afetam a avaliação ambiental e econômica e ao final se fez recomendações para encorajar a reciclagem de RCD no país, em vistas dessa alternativa ter apresentado maiores ganhos econômicos e ambientais.

Utilizando a mesma abordagem de pensamento sistêmico para a gestão de RCC, ao invés da análise individual de variáveis que compõem o sistema, Ahmadvand *et al.* (2014) realizaram a avaliação de alternativas de gerenciamento desses resíduos para a cidade de Teerã-Irã. Foi feito uma simulação do sistema de gestão de RCC utilizando *software* Vensim[®] para as alternativas de disposição dessa tipologia de resíduos em aterros e condução para reciclagem, e assim, poder auxiliar na tomada de decisão dos gestores.

Ainda usando a abordagem de dinâmica dos sistemas, Calvo *et al.* (2014) investigaram a gestão de RCD por meio de reaproveitamento como agregados reciclados na Espanha. O artigo apresenta um modelo de simulação integrado, baseado em dois instrumentos de política pública (incentivos e penalidades fiscais). A utilização de instrumentos fiscais, rotulagem, aplicação de legislação já se demonstraram eficientes para o desenvolvimento da indústria de reciclagem de RCD em estudos realizados por Li *et al.* (2020) em 52 cidades chinesas.

Gallarza *et al.* (2015) também utilizaram a abordagem dinâmica de sistemas para modelagem das variáveis envolvidas no processo de fabricação de blocos de concreto do tipo não estruturais utilizando material reciclado proveniente de escombros. Os autores fizeram a modelagem utilizando o *software* Stella® aplicado a um estudo de caso na cidade de Porto Alegre-RS. O objetivo foi avaliar os benefícios ambientais, econômicos e sociais provenientes do processo de reciclagem de RCD, concluindo pela viabilidade da fabricação dos blocos como alternativa adequada para a destinação desses resíduos.

Cristiano *et al.* (2021) em seus estudos na região metropolitana de Nápoles (Itália) avaliou, por meio de banco de dados públicos, de *software* i - Tree Canopy e de análise SWOT (técnica que avalia, forças, fraquezas oportunidades e ameaças) dados sobre os resíduos de construção e demolição (RCD) existentes na região com vistas a melhorar a gestão dos fluxos e uma perspectiva de transição para uma economia circular. Os resultados apontaram deficiências tendo em vista a pouca demanda por produtos reciclados, falta de dados na fase de fim de vida da reciclagem e a presença de uma alta fração de resíduos de RCD misturados devido à baixa adoção de medidas de redução nas obras. Verifica-se, portanto, que o fator custos ainda é preponderante na tomada de decisão por empreiteiras, especialmente quando não há incentivos à reciclagem e/ou cláusulas contratuais que obriguem as empreiteiras a reciclar (Marzouk *et al.*, 2014).

Ye *et al.* (2012) desenvolveram modelo para avaliar o desempenho ambiental da gestão de resíduos da construção em vários cenários, usando a abordagem de dinâmica de sistemas com modelagem através do *software* iThink. A aplicação do modelo proposto foi demonstrada com base em um caso real na construção de um edifício na China. Este mesmo modelo também foi utilizado por Yuan *et al.* (2014) como ferramenta de apoio à decisão para a gestão de RCD

visando a redução da geração na fonte. O modelo pode simular os efeitos de várias estratégias integrando todas as variáveis essenciais que afetam na redução da geração de resíduos no mesmo edifício.

Paz *et al.* (2016) desenvolveram uma ferramenta informatizada (*software* Sigercon) para facilitar a análise de estratégias de gestão de resíduos nos canteiros de obras. A estimativa da geração de resíduos utilizando-se dados de área construída, tempo de conclusão da obra e número de andares foi simulada com dados de seis obras, analisando-se a correlação entre dados reais e as estimativas do modelo, concluindo-se que a melhor estimativa se dá por área construída.

Abreu *et al.* (2016) apresentaram uma ferramenta computacional do tipo *aplicativo web* “para gerenciamento de RCC em canteiros de obras, desde a geração até a destinação final abordando às exigências legais com geração de documentos de Controle de Transporte de Resíduos (CTR)”. Os autores mostram as vantagens tais como funcionamento do aplicativo sem estar conectado à rede mundial de computadores e utilização em áreas remotas, tendo sido testado e validado, se mostrando como uma ferramenta muito útil para o gerenciamento de resíduos.

Guerra *et al.* (2020) realizaram estudos integrando algoritmos temporais com 4D-BIM (Building Information Modeling) para planejamento do reuso e reciclagem de resíduos de concreto e *drywall* aplicados em projetos de construção. Os autores realizaram simulações para dois estudos de caso e concluíram que a utilização do *software* apresenta vantagens em agilizar as estimativas e o planejamento visual para a reutilização de resíduos no local e a reciclagem fora do local, promovendo um plano de gestão de RCC mais proativo e ajustado ao cronograma da obra.

Todos os artigos analisados apresentaram como objetivo a redução de impactos causados pela geração de RCC, além de apontarem o emprego de ferramentas tecnoló-

gicas como alternativas de práticas de gestão desses resíduos, sejam elas aplicadas na quantificação, qualificação, disposição de informações, servindo de banco de dados e ferramentas para a tomada de decisão dos gestores, sejam públicos ou privados.

Conclusões

A indústria da construção civil apresenta significativos impactos ambientais, sociais e econômicos, e nas últimas décadas, muitas pesquisas relacionadas à gestão de resíduos de construção e demolição (C&D) vêm sendo desenvolvidas. A abordagem utilizada neste estudo, por meio de revisão sobre uso de tecnologias aplicadas à gestão e gerenciamento de RCC, permitiu identificar como o emprego de ferramentas tecnológicas tem evoluído nos últimos anos, buscando a diminuição dos impactos ambientais devidos a essa tipologia de resíduos. Foi possível identificar estudos que exploram o uso mais eficiente das tecnologias da informação na gestão de RCD com aplicação do princípio de redução de resíduos desde o estágio inicial do projeto e durante a execução da obra de engenharia.

A utilização de *softwares*, abordagem dinâmica de sistemas com simulação em estudos de caso e desenvolvimento de aplicativos demonstraram o uso das tecnologias para definição de alternativas para gestão e gerenciamento de RCC, pois esses resíduos impactam fortemente a gestão municipal, tendo em vista ser um resíduo de grande volume, e que muitas vezes ocasionam impactos ambientais significativos nos centros urbanos, além de utilização de recursos públicos para seu manejo.

Essas ferramentas demonstraram alinhamento com os princípios de redução, reuso e reciclagem previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos, auxiliando os gestores no apoio à tomada de decisões pela melhor alternativa do

gerenciamento do RCC. Também se verificou que vários fatores influenciam nessas decisões e que se faz necessário políticas de incentivo econômicos e fiscais para que o setor de reciclagem seja impulsionado, mesmo com as simulações demonstrando a vantagem dessa alternativa em detrimento ao descarte no meio ambiente, que é uma prática que a legislação brasileira não permite.

Dessa forma verifica-se a importância de sistemas informatizados que, a partir da realidade local, fornecem informações que dão respaldo à gestão municipal na tomada de decisão e na busca por projetos que atendam aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais do município, assim como para os gestores de obras na aplicação dos princípios de prevenção, redução, reuso e reciclagem.

Referências Bibliográficas

ABRECON: **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição: Relatório: Pesquisa Setorial 2014/2015**, São Paulo, SP.

ABREU, G. R. O., & MENDES, T. A. Software para gestão de resíduos sólidos da construção civil. **Tecnia**, v.5, p.79-96, 2016.

AHMADVAND, A. M., VARANDI, A. N., BASTAN, M., & YAHYAEU, M. Analysis of Tehran construction and demolition waste management with System Dynamics Approach. **Asian Research Consortium**, v. 4(8), p. 234-242, 2014.

BENTO, A. Como fazer uma revisão da literatura: considerações teóricas e práticas. **Revista JA**, 2012, v. 65(7), 42-44.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>. Acesso: 06 mar 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 348**, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=100787>. Acesso em 06 mar 2023.

BRASIL. (2010). **Lei nº 12.303**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 2 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 07 mar 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 431**, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114767>. Acesso em: 06 mar 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 448**, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=116060>. Acesso em: 06 mar 2023.

BRASIL. **Resolução nº 469**, de 29 de julho de 2015 Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/231019-diretrizes-criterios-e-procedimentos-para-a-gestao-dos-residuos-da-construcao-civil>. Acesso em: 06 de mar 2023.

CALVO, N.; CANDAMIO, L. V.; CORTI, I. N. A Dynamic Model for Construction and Demolition (C&D) Waste Management in Spain: Driving Policies Based on Economic Incentives and Tax Penalties. **Sustainability** 2014, 6, 416-435; DOI:10.3390/su6010416.

CRISTIANO, S., GHISELLINI, P., D'AMBROSIO, G., XUE, J., NESTICÓ, A., GONELLA, F., & ULGIATI, S. (2021). Construction and demolition waste in the Metropolitan City of Naples, Italy: State of the art, circular design, and sustainable planning opportunities. **Journal of Cleaner Production**. v. 293, 15 abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125856>.

GALARZA, L. H. W., GÓMEZ, S. T. R., GARCEZ, E. O., CORREA, E. C., PORRAS, A. C., & FORERO, I. H. Modelo dinâmico de sistemas para o gerenciamento de resíduos da construção civil na cidade de Porto Alegre: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 20(3), 463-474. 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000099167.

GUERRA, B. C.; LEITE, F.; FAUST, K. M. 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 116, October 2020, p. 79-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>

HASMORI, M. F.; ZIN, A. F. M.; NAGAPAN, S.; DERAMAN, R.; ABAS, N.; YUNUS, R.; & KLUFALLAH, M. The on-site waste minimization

practices for construction waste. In: **IOP conference series: materials science and engineering**, v. 713. No. 1. *IOP Publishing*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/713/1/012038>.

KLEIN, F. B., & DIAS, S. L. F. G. A disposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio ambientes**, 40, 483-506. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v40i0.47703>.

LI, J.; YAO, Y.; ZUO, J.; LI J. Key policies to the development of construction and demolition waste recycling industry in China. **Waste Management**, v. 108, 1 May 2020, Pages 137-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.016>.

MARZOUK, M., & AZAB, S. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. **Resources, Conservation and Recycling**, 82, 41-49. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.015>.

MORAIS, G. M. D. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia**: subsídios para uma gestão sustentável. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – *Universidade Federal de Uberlândia*. Uberlândia -MG. 2006. 223p.

PAZ, D. H., & LAFAYETTE. P. V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, 2016, vol. 34(8) 708–716. DOI: [10.1177/0734242X16644680](https://doi.org/10.1177/0734242X16644680).

SCREMIN, L. B., CASTILHOS JÚNIOR. A. B., & ROCHA. J. C. Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 19(2), 203-206. 2014. DOI: [10.1590/S1413-41522014000200011](https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000200011)

SILVA, J. D. S. S.; LOPES, R. L. Análise dos manuais e cartilhas para implantação de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em canteiro de obras no Brasil. **Research Society and Development** 9(12), 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i12.10913

SILVA, J. D. S. S.; LOPES, R. L.; FRANÇA, G. A.; CAETANO, H. H. R.; Análise da geração de resíduos no canteiro de obras: um estudo de caso. In. **Simpósio iberoamericano de ingeniería de residuos**, 9. Livro de Actas. ISBN: 978-9962-698-80-7. Panamá, Universidad Tecnológica do Panamá, 2021.

SOUZA, I. N. C. Impactos Causados pelos resíduos procedentes da construção civil e demolição: uma análise conceitual dos procedimentos para minimizá-los. Semana Acadêmica. **Revista Científica**, Edição 00108. Volume 1. 2017.

TESSARO, A. B., SÁ, J. S., & SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente construído**, 12(2), 121-130. 2012.

YE, G.; YUAN, H.; SHEN, L.; WANG, H. Simulating effects of management measures on the improvement of the environmental performance of construction waste management. **Resources, Conservation and Recycling** 62 (2012) 56– 63. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.010>.

YUAN, H.; CHINI, A. R.; LU, Y.; SHEN, L. A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. **Waste Management**, Volume 32, Issue 3, March 2012, Pages 521-531. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.11.006>

CAPÍTULO 5

**ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM OFICINAS
MECÂNICAS: IMPACTOS AMBIENTAIS E
ESTRATÉGIAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEL**

Introdução

A indústria automobilística tem desempenhado um papel crucial na economia global nas últimas décadas, impulsionando o desenvolvimento tecnológico, a mobilidade urbana e a criação de empregos (Duarte; Rodrigues, 2017; Wellbrock *et al.*, 2020). Entretanto, a produção em larga escala de veículos automotivos tem impactado negativamente o meio ambiente em diversas formas. A fabricação de carros e peças requer uma quantidade significativa de recursos naturais, como metais, plásticos e borrachas. Além disso, durante o processo produtivo, ocorre a emissão de gases poluentes e dejetos tóxicos que, se não tratados adequadamente, podem causar graves danos ambientais e à saúde humana (Fernandes *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2018; Wellbrock *et al.*, 2020).

Ainda, o uso de veículos automotivos é responsável por grande parte das emissões de gases do efeito estufa, contribuindo significativamente para as mudanças climáticas. Os gases emitidos pelos automóveis, como dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas finas, são responsáveis por poluir o ar e causar problemas respiratórios e cardíacos em seres humanos e animais (Corgosinho; Pedrosa, 2019; Correia; Simioni, 2021).

Outro problema relacionado à produção e uso de veículos é a geração de resíduos sólidos, incluindo peças usadas, pneus e baterias. Se não descartados adequadamente, esses resíduos podem causar contaminação do solo, água e ar, além de representar riscos à saúde pública. (Fernandes *et al.*, 2011; Oliveira; Mata-Lima, 2016).

Um veículo automotivo é um meio de transporte movido por um motor de combustão interna, elétrico ou híbrido, capaz de se locomover por si só, sem necessidade de tração animal ou humana. Eles são projetados para transportar pessoas ou mercadorias em vias públicas e privadas, utilizando rodas, esteiras, hélices ou outros dispositivos de movimentação. A categoria de veículos automotivos inclui carros de passeio, caminhões, ônibus, motocicletas, entre outros. Ainda, segundo a literatura, esses veículos são regulados por leis e normas que visam garantir a segurança no trânsito, proteger o meio ambiente e promover a mobilidade urbana (Brasil, 1997; Oliveira; Loureiro; Pessôa, 2022; Silva *et al.*, 2018).

A falta de manutenção em veículos é um problema que pode acarretar prejuízos financeiros e gerar acidentes de trânsito. Essa falta de manutenção é uma das principais causas de acidentes no Brasil e muitos motoristas negligenciam a manutenção de seus veículos, seja por falta de conhecimento, desleixo ou falta de recursos financeiros. Estudos apontam que a falta de manutenção pode levar a falhas mecânicas, como problemas nos freios, pneus ou suspensão, aumentando consideravelmente o risco de acidentes. Além disso, destacam a importância da manutenção preventiva para garantir a segurança dos passageiros e a eficiência do veículo (Silva *et al.*, 2018; Wellbrock *et al.*, 2020).

As oficinas mecânicas são os principais responsáveis por realizar os mais diversos tipos de serviços de manutenção de veículos, como troca de óleo lubrificante, troca e limpeza de peças, retífica de motores, entre outras. No entanto, os resíduos gerados pelas oficinas mecânicas podem ser classificados em duas categorias de acordo com a NBR-10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT: os resíduos não perigosos e os perigosos. Os resíduos não perigosos incluem materiais como papel, plástico e vidro, enquanto os perigosos são compostos por substâncias tóxicas e inflamáveis, como baterias, pneus, óleo lubrificante e

peças metálicas. Devido à natureza dos resíduos perigosos, eles precisam ser manuseados com cuidado para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004).

No Brasil, a gestão de resíduos é regulamentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS estabelece que os resíduos devem ser reduzidos na fonte, reciclados e tratados adequadamente antes de serem descartados. Além disso, a PNRS prevê que os geradores de resíduos são responsáveis pela sua gestão e que o poder público deve incentivar ações para a destinação correta dos resíduos (Brasil, 2010).

Nesse contexto, a reciclagem de resíduos sólidos surge como uma solução viável para reduzir o impacto ambiental gerado pelas oficinas mecânicas. A reciclagem consiste em transformar os resíduos em novos produtos ou matérias-primas, reduzindo, assim, a quantidade de lixo enviado para aterros sanitários e diminuindo a extração de matérias-primas naturais (Gerhardt *et al.*, 2014; Lima; Viana, 2016).

Com base nas informações apresentadas, fica evidente que a gestão de resíduos sólidos gerados pelas oficinas mecânicas é um tema de grande relevância para a promoção da sustentabilidade ambiental. Ainda que muitos desses resíduos possam ser reaproveitados, a reciclagem deles é pouco explorada no Brasil e o descarte inadequado pode causar impactos negativos no meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida da população local e afetando a biodiversidade do ecossistema. Portanto, é fundamental que sejam implementadas políticas públicas que incentivem a gestão adequada dos resíduos sólidos gerados pelas oficinas mecânicas e promovam a conscientização dos proprietários desses estabelecimentos sobre a importância da adoção de práticas sustentáveis para a preservação do meio ambiente (Barbieri; Aquino, 2021; Corgosinho; Pedrosa, 2019; Massi *et al.*, 2009).

Diante desse cenário, o objetivo principal deste estudo foi identificar os principais resíduos sólidos gerados pelas oficinas mecânicas na cidade de Canguaretama/RN e as práticas adotadas para a sua gestão e destinação final. Por meio da análise desses dados, busca-se apresentar soluções que possam contribuir para a diminuição do impacto ambiental gerado pelas oficinas mecânicas, visando a promoção da sustentabilidade.

Além disso, este trabalho se insere no contexto de cidades inteligentes e sustentáveis, visando contribuir para o alcance do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11) - Cidades e Comunidades Sustentáveis, uma vez que trata da implementação de soluções para redução as emissões de gases poluentes e promover práticas mais sustentáveis de gestão de resíduos sólidos. Nesse sentido, a identificação das melhores práticas para a gestão de resíduos gerados pelas oficinas mecânicas pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais efetivas de gestão de resíduos em cidades inteligentes e sustentáveis.

Por fim, a elaboração de um plano de coleta de resíduos sólidos é uma das soluções apresentadas neste estudo para a promoção da sustentabilidade ambiental na gestão de resíduos de oficinas mecânicas. Dessa forma, espera-se que este estudo possa contribuir para a conscientização e a adoção de práticas mais sustentáveis por parte das oficinas mecânicas, bem como para o desenvolvimento de novas pesquisas e a implementação de soluções mais efetivas de gestão de resíduos em cidades inteligentes e sustentáveis.

Percurso metodológico

Esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa descritiva, de abordagem qualitativa, com procedimentos metodológicos de levantamento bibliográfico, observação direta e entrevistas semiestruturadas (Köche, 2016). A pes-

quisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinado fenômeno ou população, buscando identificar as suas principais características e peculiaridades. A abordagem qualitativa permite a compreensão dos fenômenos estudados de forma mais aprofundada, explorando as perspectivas e experiências dos sujeitos envolvidos. Já os procedimentos metodológicos utilizados, como o levantamento bibliográfico, a observação direta e as entrevistas semiestruturadas, foram escolhidos com o intuito de obter dados tanto do ambiente quanto dos atores envolvidos no processo de gestão de resíduos sólidos em oficinas mecânicas na cidade de Canguaretama/RN.

Durante a pesquisa bibliográfica, foram abordadas as categorias de resíduos sólidos gerados em serviços de manutenção automotiva e seus impactos ambientais, bem como as leis e normas brasileiras que regulamentam essa área. Além disso, foram incluídos artigos já publicados relacionados à temática deste projeto.

Após uma visita à Secretaria de Meio Ambiente da cidade de Canguaretama/RN, em dezembro de 2019, para definir a metodologia de seleção das oficinas para o estudo, constatou-se a ausência de um cadastro específico para as oficinas mecânicas da cidade. Diante disso, optou-se por estudar todas as oficinas mecânicas da área urbana da cidade.

Para o presente estudo, a metodologia de seleção das oficinas mecânicas incluiu a identificação de todas as oficinas localizadas nas áreas urbanas da cidade que realizam serviços de manutenção preventiva e corretiva em motores e seus componentes em carros de linha leve, tais como oficinas de concessionárias autorizadas e oficinas privadas de mecânica geral. Não houve restrição para o porte da empresa ou número de funcionários.

Como não havia um cadastro específico das oficinas mecânicas da cidade, e levando em consideração que o município de Canguaretama é considerado de porte pequeno, com cerca de 30.000 habitantes (IBGE, 2022), a seleção foi feita

a partir de uma busca ativa, visitando cada oficina identificada para verificar se ofereciam os serviços mencionados. O critério de inclusão foi que a oficina realizasse serviços de manutenção preventiva e corretiva em motores e seus componentes em carros de linha leve. As oficinas que não atenderam a esses critérios foram excluídas da amostra. O processo de seleção das oficinas ocorreu durante os meses de janeiro e fevereiro de 2020.

Após a busca ativa e a catalogação das oficinas mecânicas que foram incluídas no estudo, foi desenvolvido um questionário piloto, seguindo a metodologia de Seramin (Seramim *et al.*, 2018), sendo aplicado para os administradores de três oficinas da região. O objetivo deste questionário piloto era o de validar o instrumento utilizado para a coleta de dados e avaliar a clareza e objetividade das questões propostas.

Após a aplicação do questionário piloto, foram realizados ajustes no instrumento para que fosse adequado à realidade das oficinas mecânicas estudadas. O questionário final continha questões relacionadas à caracterização da oficina, serviços oferecidos, capacitação dos funcionários, medidas de segurança e gestão ambiental. O questionário foi aplicado pelos pesquisadores aos administradores das oficinas mecânicas selecionadas de forma presencial.

Os dados coletados foram tabulados e analisados estatisticamente, utilizando software específico para análise de dados. Além do mais, foram tiradas fotografias dos resíduos identificados, local de armazenamento e do estabelecimento, como parte do registro visual da pesquisa e documentação dos achados. As fotografias foram utilizadas como complemento das informações obtidas durante as entrevistas e inspeções visuais, a fim de subsidiar a elaboração dos relatórios de análise de cada oficina. As fotografias foram armazenadas em arquivo digital e organizadas por número de identificação da oficina e data da inspeção.

O plano de coleta de resíduos sólidos foi elaborado com o objetivo de proporcionar um conhecimento mais

aprofundado sobre o manejo adequado desses materiais, bem como de oferecer informações relevantes para uma comunicação mais direta entre os proprietários de oficinas mecânicas, órgãos públicos e empresas de reciclagem. Para isso, inicialmente foram realizadas pesquisas on-line para identificar empresas que oferecem serviços de coleta e reciclagem de resíduos sólidos, levando em consideração as necessidades específicas da pesquisa. Em seguida, foram estabelecidos contatos com essas empresas para avaliar se seus serviços atendiam às necessidades do projeto, especialmente a coleta de resíduos no município de Canguaretama/RN.

O plano elaborado incluiu informações detalhadas sobre o armazenamento adequado dos resíduos nas oficinas mecânicas, destacando os cuidados necessários para evitar danos ao meio ambiente e uma lista de empresas especializadas em reciclagem de metais. Além disso, o plano apresenta as principais legislações vigentes sobre o tema, principais resíduos de oficinas e problemas ambientais relacionados, além de estratégias para conscientização da população local.

Resultados e discussões

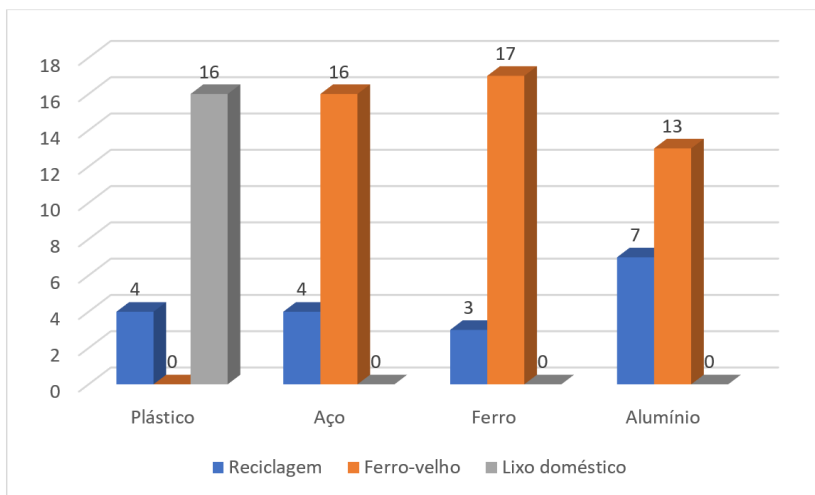
O processo de seleção de amostra descrita na metodologia permitiu a identificação e inclusão de vinte oficinas privadas de mecânica geral que ofereciam serviços de manutenção preventiva e corretiva em motores e seus componentes em carros de linha leve. Nenhuma oficina ou concessionária de auto porte foi identificada neste estudo.

A partir da aplicação dos questionários, foi possível obter informações valiosas sobre as práticas adotadas pelas oficinas mecânicas em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos. Os resultados obtidos revelaram que as oficinas mecânicas têm como principais opções de descarte

de resíduos sólidos o ferro-velho, seguido pela reciclagem, conforme indicado pelos participantes da pesquisa e como pode ser visto na figura 1.

Com base nos dados apresentados pode-se observar que o destino mais comum para o aço e o ferro é o ferro-velho, com dezesseis e dezessete das oficinas pesquisadas, respectivamente, optando por esse destino. Já o alumínio é mais destinado à reciclagem, com sete oficinas mecânicas adotando essa prática, enquanto treze optaram pelo ferro-velho. O plástico, por sua vez, é o único material que não é adequadamente enviado para reciclagem, sendo destinado ao lixo doméstico por dezesseis das oficinas mecânicas que o descartam.

Figura 1- Destino dos resíduos sólidos nas oficinas mecânicas de Canguaretama/RN



Fonte: Autoria própria

Os resultados referentes às práticas de gerenciamento de resíduos sólidos adotadas pelas oficinas mecânicas de Canguaretama/RN indicam que os empreendimentos estão

seguindo as normas e critérios estabelecidos pela norma brasileira NBR 10004 para a correta classificação e destinação dos resíduos gerados em suas atividades, o que é um fator positivo para a gestão sustentável desses materiais.

A escolha predominante das opções de descarte, como a reciclagem e o ferro-velho, pode trazer benefícios ambientais e econômicos, tais como a redução do volume de resíduos enviados para aterros sanitários, a geração de novos produtos e a obtenção de receita por meio da venda de sucatas (Simoncini *et al.*, 2023).

Entretanto, alguns pontos negativos devem ser ressaltados, como a destinação inadequada do plástico para o lixo doméstico e os riscos ambientais relacionados ao destino das peças ao ferro-velho, como a possível contaminação do solo e da água. Por isso, é fundamental que as empresas adotem medidas de segurança na manipulação e transporte desses materiais para minimizar riscos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente.

Diante disso, é importante que as empresas avaliem continuamente suas práticas de gestão de resíduos sólidos e busquem alternativas mais sustentáveis e seguras para o descarte desses materiais. Ainda, é fundamental que haja uma conscientização da sociedade em relação ao impacto ambiental e social causado pelo descarte inadequado de resíduos sólidos, bem como a importância da reciclagem e do ferro-velho para a preservação do meio ambiente e a promoção de um desenvolvimento sustentável.

Ainda de acordo com as entrevistas, embora os participantes tenham destacado a reciclagem e o ferro-velho como principais destinos dos resíduos sólidos, não foi possível afirmar com certeza a real destinação final destes componentes. Isso porque, em nenhuma das oficinas visitadas, havia coleta seletiva específica realizada por órgãos públicos ou empresas privadas direcionados para este segmento, o que indica a falta de controle e fiscalização da destinação final desses resíduos.

Os resultados da pesquisa ainda apontam para uma possível comercialização informal dos resíduos sólidos gerados pelas oficinas mecânicas a partir da venda de peças usadas para sucateiros. Esse fato é preocupante, pois pode indicar uma falta de controle e fiscalização por parte dos órgãos responsáveis, além de acarretar riscos ambientais e sociais. A comercialização direta das peças usadas para sucateiros pode sinalizar uma ineficiência no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. Afinal, esses materiais poderiam ser encaminhados para aterros sanitários ou usinas de reciclagem, contribuindo para a redução do impacto ambiental e para a promoção do desenvolvimento sustentável. Quando esses resíduos são vendidos informalmente, não há garantia sobre a sua destinação final, o que pode acarretar problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água, além de prejudicar a saúde pública (Biasi; Vanin, 2022; Oliveira; Miranda; Soares, 2019).

Ainda durante as visitas realizadas às oficinas mecânicas, verificou-se que o armazenamento e o manuseio dos resíduos sólidos gerados representam uma fonte potencial de problemas ambientais e de saúde. Observou-se que, em algumas oficinas, os resíduos eram armazenados de forma inadequada, muitas vezes misturados a outros materiais, sem qualquer separação entre resíduos perigosos e não perigosos e expostos a insolação, como observado na figura 2 abaixo. Adicionalmente, a ausência de sistemas de identificação, etiquetagem ou armazenamento seguro para resíduos perigosos, como óleo e baterias, pode resultar em riscos ambientais e à saúde dos trabalhadores. Essas práticas inadequadas podem causar contaminação do solo e da água, além de representar um perigo para os trabalhadores que manuseiam esses materiais (Gerhardt *et al.*, 2014; Lima; Viana, 2016).

Figura 2 - Armazenamento de resíduos nas oficinas de Canguaretama/RN. Imagem da esquerda – Armazenamento de materiais ferrosos em caixas sem identificação. Imagem superior direita – Resíduos da oficina armazenados em ambiente exposto ao sol e a chuva. Imagem inferior direita – Resíduos da oficina expostos ao sol e a chuva.



Fonte: Autoria própria

Esses problemas identificados estão em desacordo com as diretrizes estabelecidas pela PNRS, que tem como objetivo promover a gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos em todo o território brasileiro. A PNRS prevê a hierarquia na gestão de resíduos, que deve priorizar a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos, garantindo a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Além disso, a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada entre o poder público, setor empresarial e a sociedade civil na gestão dos resíduos sólidos.

Portanto, a situação preocupante identificada nas oficinas mecânicas reforça a necessidade de intervenção do setor público na gestão adequada dos resíduos sólidos gerados por essas empresas. Além da adoção de práticas de gestão ambiental responsável pelas oficinas mecânicas,

é importante que haja fiscalização e regulamentação por parte do governo para garantir a adequação das oficinas às normas vigentes de manejo de resíduos sólidos. Isso inclui a implantação de medidas para o armazenamento e manuseio seguro dos resíduos, além da destinação final adequada por meio da contratação de empresas especializadas em coleta e destinação de resíduos. Essas ações são fundamentais para evitar problemas ambientais e de saúde pública decorrentes de práticas inadequadas de manejo de resíduos sólidos e contribuem para o desenvolvimento sustentável do setor de serviços mecânicos.

Após a pesquisa realizada nas oficinas mecânicas, constatou-se a necessidade urgente de intervenção do setor público na gestão dos resíduos sólidos gerados por esses empreendimentos. A falta de coleta seletiva específica por parte dos órgãos responsáveis e a ausência de fiscalização tornam difícil afirmar, com exatidão, o destino desses materiais, o que pode acarretar graves problemas ambientais e de saúde pública.

Com base na pesquisa bibliográfica e nos dados obtidos das empresas de reciclagem e das próprias oficinas mecânicas, foi elaborado um plano de coleta de resíduos sólidos. Esse plano contempla informações sobre os tipos de resíduos gerados pelas oficinas, as quantidades produzidas, as empresas de reciclagem que atuam na região e os métodos de armazenamento e coleta adequados para cada tipo de resíduo. Além disso, o plano de coleta também apresenta sugestões de ações de conscientização ambiental para os trabalhadores das oficinas mecânicas, como palestras, treinamentos e distribuição de materiais informativos. O documento pode ser livremente acessado pelo endereço eletrônico: <<https://drive.google.com/file/d/1uMf-6ZOeE2anM3YaJRI1sRycw0Nb01lUD/view?usp=sharing>>.

Para viabilizar a efetivação desse plano, inicialmente, foram catalogadas as empresas que realizam coleta e reciclagem dos resíduos sólidos em questão, considerando

aspectos como os tipos de metais reciclados, a quantidade mínima de material e se a coleta é realizada diretamente na oficina. Dessa forma, é possível oferecer contatos de empresas que trabalham com reciclagem de metais ferrosos e não ferrosos, facilitando a comunicação direta entre as oficinas mecânicas e as empresas de descarte. A adoção dessas medidas pode contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental e para o desenvolvimento sustentável da região.

A tabela 2 apresenta as informações obtidas com as empresas de reciclagem, incluindo os metais reciclados por cada uma e a quantidade mínima de material exigida. Foram identificadas nove empresas que podem atuar no município de Canguaretama/RN, contemplando coleta de ferro, cobre, alumínio, aço, pneu e plástico. No que diz respeito à quantidade mínima para que a empresa possa fazer a coleta dos resíduos, apenas a Patrícios Metais e a COMPAL apresentaram exigências, que variou de 20Kg para a primeira e 4000Kg para a última.

Tabela 1 - Empresas de reciclagem que atuam no município de Canguaretama/RN.

Empresa	Resíduo						Quantidade mínima para coleta
	Ferro	Cobre	Alumínio	Aço	Pneu	Plástico	
Recicla	-	x	x		-	-	-
Patrícios Metais	-	x	x	x	-	-	Acima de 20kg
Natal Recicla	x	x	x	x	-	-	-
COMPAL	x	x	x	x	-	-	Acima de 4000kg

Repla-Reciclagem de Plásticos em Geral	-	-	-	-	-	x	-
Recicla RN	x	x	x	x	-	x	-
URBANA - Companhia de Serviços Urbanos de Natal		-	-	-	x	-	-
Reciação	x	-	-	x	-	-	-
RECI-CLAGEM UNIÃO	-	x	x	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria

Além das informações sobre as empresas de reciclagem, o plano de coleta também contém materiais educativos com instruções básicas sobre o armazenamento adequado das peças metálicas da oficina, como ilustrado na figura 3. O material traz informações simples e objetivas sobre os cuidados com o local de armazenamento, manejo dos resíduos sólidos e sugestões para o processo de coleta dos componentes. É recomendável que esses materiais estejam disponíveis de forma acessível para todos os trabalhadores da oficina. Assim, eles poderão seguir as orientações corretamente e contribuir para uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos gerados pela oficina.

Figura 3 - Material didático sobre armazenamento correto das peças metálicas disponibilizada no Plano de descarte de resíduos sólidos de oficinas mecânicas de Canguaretama/RN.

ARMAZENAMENTO CORRETO DAS PEÇAS METÁLICAS

Cuidados com o local de armazenamento:

- Sem contato direto com o chão;
- Local coberto e livre de umidade;
- Estocagem em estantes ou palletes; e
- Ao armazenar o aço, evitar contato com os outros metais para não causar danos.

Manejo dos resíduos sólidos manualmente:

- Sempre manusear com luvas e usar ferramentas e peças de plástico; e
- Operários suficientes para distribuir o peso e armazenar corretamente.

Facilite o trabalho de entrega

- Separar previamente as peças por tipo de material de composição; e
- Separar os metais agrupados para diminuir o peso.



Fonte: Autoria própria

É fundamental destacar que o relatório, em especial a lista das Empresas de Reciclagem que atuam no município de Canguaretama/RN, representa uma ferramenta essencial para a gestão de resíduos nas oficinas da região. Considerando a falta de coleta seletiva específica e fiscalização, é imprescindível estabelecer uma comunicação direta entre as oficinas mecânicas e as empresas responsáveis pelo descarte adequado dos resíduos sólidos. Nesse sentido, os responsáveis pelo descarte nas oficinas devem utilizar as informações contidas no relatório para entrar em contato direto com os responsáveis pela coleta e organizar o descarte adequado dos materiais gerados. Além disso, é crucial

promover a gestão de resíduos e campanhas de conscientização para minimizar os impactos negativos dos resíduos sólidos gerados pelas oficinas mecânicas.

Por fim, é importante ressaltar a necessidade de campanhas de conscientização sobre a gestão adequada de resíduos sólidos, tanto para os donos e funcionários das oficinas mecânicas quanto para a população em geral. A conscientização pode contribuir para a redução da quantidade de resíduos gerados, bem como para a destinação correta desses materiais, minimizando os impactos ambientais negativos (Caldeira *et al.*, 2020; Castro; Santos; Souza, 2022; Simoncini *et al.*, 2023).

Considerações finais

Em síntese, os principais achados desta pesquisa demonstram que a gestão de resíduos sólidos em oficinas mecânicas é um tema que merece atenção por parte das autoridades municipais. Os resultados apontam para a necessidade de fiscalização e coleta seletiva específica para os resíduos gerados nesse setor, uma vez que os entrevistados afirmaram não haver fiscalização e desconhecer o destino final dos resíduos gerados.

A catalogação de empresas de reciclagem foi apontada como uma estratégia eficaz para a composição do plano de coleta, permitindo identificar as opções disponíveis na região e sua capacidade de processamento, contribuindo assim para a promoção do ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis.

No entanto, para que essa estratégia seja realmente útil, é fundamental melhorar a comunicação entre as empresas de coleta, que muitas vezes não conseguem estabelecer parcerias efetivas para a coleta e destinação dos resíduos gerados pelas oficinas mecânicas. Por isso, é necessário buscar soluções para aprimorar essa comunicação

e garantir que as informações contidas no catálogo sejam realmente aproveitadas, aumentando a efetividade do plano de coleta e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

É importante destacar que a pandemia de COVID-19 prejudicou a implantação do plano, mas a distribuição do documento aos gestores das oficinas e aos órgãos públicos competentes marca o início da retomada das atividades. Além disso, parcerias com empresas de reciclagem podem ser estabelecidas para realizar a coleta de determinado grupo de oficinas e distribuir os planos de coleta gratuitamente, aumentando, assim, a efetividade do manejo adequado dos resíduos sólidos gerados.

É também fundamental a realização de novas pesquisas que visem à conscientização sobre a gestão adequada de resíduos gerados pelas oficinas mecânicas em outras cidades, assim como a expansão desse trabalho para outras localidades. Dessa forma, é possível promover a conscientização e educação ambiental para a adoção de práticas sustentáveis na gestão de resíduos sólidos em cidades inteligentes e sustentáveis. Isso contribui para a preservação do meio ambiente, reduzindo os impactos negativos causados pelos resíduos gerados e garantindo um futuro mais promissor para as gerações futuras.

Além disso, a conscientização sobre a gestão adequada de resíduos gerados pelas oficinas mecânicas pode ser disseminada por meio de programas educacionais, palestras e campanhas de sensibilização, aumentando a conscientização da população sobre a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. 2004. Disponível em: <https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>

BARBIERI, G. H.; DE AQUINO, A. D. Análise de resultados de auditorias ambientais de homologação de empresas de tratamento de resíduos sólidos, provenientes de uma indústria automobilística. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 671–685, 8 fev. 2021.

BIASI, A. L. M.; VANIN, A. B. Logística reversa no reaproveitamento de resíduos de oficinas mecânicas. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, p. e32013–e32013, 10 nov. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.503**. Código de Trânsito Brasileiro - Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. 23 set. 1997.

BRASIL. **Lei nº 12.305**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2 ago. 2010.

CALDEIRA, E. C. B. *et al.* **Gestão de resíduos sólidos em oficinas mecânicas e a relação da saúde e segurança no meio ambiente do trabalho**. A educação ambiental em uma perspectiva interdisciplinar, v. 1, n. 1, p. 229–243, out. 2020.

CASTRO, R. S. DE S.; SANTOS, V. C. S.; SOUZA, R. L. DE. Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos: resíduos de oficina mecânica. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - Sergipe**, v. 7, n. 2, p. 101–101, 27 abr. 2022.

CORGOSINHO, R. R.; PEDROSA, J. G. A indústria automobilística e o princípio da sustentabilidade: a natureza do discurso apropriado. **Ciências Gerenciais em Foco**, v. 10, n. 7, p. 105–133, 8 out. 2019.

CORREIA, G. M. C.; SIMIONI, C. Políticas ambientais e uma possível mudança na matriz energética da indústria automobilística na Noruega. **Caderno da Escola Superior de Gestão Pública, Política, Jurídica e Segurança**, v. 4, n. 1, p. 50–64, 25 fev. 2021.

DUARTE, R. G.; RODRIGUES, S. B. Co-evolution of Industry Strategies and Government Policies: The Case of the Brazilian Automotive Industry. **BAR - Brazilian Administration Review**, v. 14, p. e160100, 14 ago. 2017.

FERNANDES, J. D. *et al.* Estudo de impactos ambientais em solos: o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas, tipo chumbo-ácido. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, 2011.

GERHARDT, A. E. *et al.* Diagnóstico para o gerenciamento dos resíduos sólidos em oficina mecânica: estudo de caso em concessionária do município de Frederico Westphalen – RS. **Revista Monografias Ambientais**, p. 2899–2908, 26 fev. 2014.

IBGE. **Canguaretama (RN) | Cidades e Estados | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/canguaretama.html>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica - Teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 34. ed. [s.l.] Editora Vozes, v. 1, 2016.

LIMA, M. B. O. DE; VIANA, E. Geração e gerenciamento dos resíduos sólidos em uma oficina mecânica. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 533–551, 1 mar. 2016.

MASSI, K. G. *et al.* Valoração contingente de uma oficina mecânica no município de Osasco, SP. **Revista Científica Hermes**, v. 1, 3 jul. 2009.

OLIVEIRA, C. C.; MATA-LIMA, H. Procedimentos para produção limpa no setor industrial: um estudo de caso aplicado à indústria automotiva. **Revista Hipótese**, v. 2, n. 2, p. 7–22, 25 abr. 2016.

OLIVEIRA, A. F. DE; MIRANDA, R. A.; SOARES, L. A. IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SANTA HELENA DE GOIÁS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 688–706, 3 out. 2019.

OLIVEIRA, S. L. S.; LOUREIRO, J. C. F; PESSÔA, L. C. **A atuação do veículo híbrido no mercado brasileiro**: análise das oportunidades de inserção no mercado.

CAPÍTULO 6

**AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA
POPULAÇÃO PARA REUSO SUSTENTÁVEL
DE EFLUENTES TRATADOS NO SEMIÁRIDO
POTIGUAR**

Introdução

O semiárido brasileiro é uma região que se caracteriza por apresentar um curto período anual chuvoso, com precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm, temperatura média anual de 23 a 27°C, alta taxa de evaporação, insolação média de 2800 horas por ano e deficiência hídrica no solo disponível às plantas na grande maioria do ano (Brasil, 2005). Além da escassez e má distribuição de água, esta região sofre com a progressiva degradação da qualidade das águas dos seus mananciais em decorrência do despejo de efluentes e da ocupação do entorno nas bacias hidrográficas. Esses fatores são limitantes no processo de desenvolvimento dessas regiões. Para amenizar a escassez, a população utiliza mananciais como receptores de águas servidas para o abastecimento público e na agropecuária, configurando o reuso indireto de efluentes (Brega Filho; Mancuso, 2003).

O despejo de efluentes de origem doméstica e industrial sem tratamento adequado pode provocar impactos ambientais e riscos à saúde humana, uma vez que eles possuem elevadas concentrações de nutrientes e poluentes tóxicos (Marcon *et al.*, 2010). A fim de remover ou reduzir a concentração desses componentes é necessário o tratamento adequado antes da sua destinação final (D'Castro Filho, 2005; Cruz, 2005).

A resolução Conama Nº 430/2011 (Brasil, 2011) exige no tratamento de efluentes a remoção de matéria orgânica para que a destinação final não impacte no meio ambiente.

A técnica de tratamento de efluente mais utilizada na maior parte dos estados brasileiros é por meio de lagoas de estabilização, sendo considerada uma técnica ambientalmente sustentável, pois apresenta baixo custo energético, redução nas emissões de dióxido de carbono e ciclagem de nutrientes para o meio ambiente (Amengual-Morro *et al.*, 2012).

Lagoas de estabilização são reservatórios artificiais hipereutróficos utilizados para o tratamento biológico de efluentes. A degradação da matéria orgânica é baseada na relação mutualística entre algas e bactérias, na qual a decomposição de matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas (König *et al.*, 1999; Jordão; Pessoa, 2005).

Efluentes domésticos e industriais tratados com esta tecnologia podem apresentar elevadas concentrações de nutrientes que, ao serem lançados em corpos receptores, ocasionam o processo de eutrofização, cuja consequência é a redução na diversidade de espécies do corpo d'água (Marcon *et al.*, 2010).

No Rio Grande do Norte a tecnologia mais utilizada para tratamento de esgotos domésticos e industriais é o uso das lagoas de estabilização (Araújo, 2011). Estudos em toda série de lagoas nesse estado mostraram pouca eficiência do sistema na remoção de nutrientes e biomassa de consumidores primários (Araújo, 2011). Vários autores apontam que o mau funcionamento do tratamento biológico nas lagoas de estabilização causam a diminuição na eficiência do tratamento (Davis; Gloyna, 1972; Mezrioui *et al.*, 1995; Oufdou *et al.*, 1998).

Dentre as principais indústrias com o potencial poluidor, destacam-se as indústrias têxteis, pois possuem etapas de tingimento ou tinturaria que podem ser classificadas como alto potencial poluidor, pois apresentam elevado consumo de água e energia elétrica, geração de grandes volumes de

efluentes e potencial contaminação do solo e/ou subsolo (Rio Grande do Norte, 2014), pois utilizam produtos tóxicos em seus processos.

O município de Jardim de Piranhas, situado no Semiárido Potiguar, tem a base da economia na indústria têxtil, onde são fabricados tecidos e diversos outros produtos oriundos deste setor. Os efluentes gerados nessas indústrias, caso lançados no ambiente sem o tratamento adequado, são capazes de contaminar os mananciais e bacias inteiras. Este fato gera uma preocupação ecológica, econômica, social e política. Uma vez que os poderes públicos e privados (indústrias) devem adequar seus sistemas de tratamento à legislação vigente, visando o bem-estar de toda a cadeia ecológica e populacional (Immich, 2006).

Diante dos impactos causados pelo lançamento de efluentes, é importante entender como o homem percebe o mundo em que está inserido na teia de conexões dentro do meio ambiente e da sociedade, não podendo separar as ações antrópicas dos impactos ambientais por elas causados (Giddings *et al.*, 2002). Deste modo, há a necessidade de uma visão interdisciplinar, e é por meio do estudo de percepção ambiental que se pode compreender a relação do meio ambiente e da sociedade em determinada comunidade.

A percepção ambiental pode ser definida, portanto, como sendo uma forma de consciência das problemáticas ligadas ao ambiente, ou seja, ao ato de perceber o ambiente em que se está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar do mesmo (Faggionato, 2005). Desde modo, a identificação da percepção ambiental de indivíduos pode ser utilizada para determinar as necessidades e propor soluções eficientes com embasamento e entendimento dos problemas de uma população (Torres; Oliveira, 2008). Além disso, a percepção da população que vive em seu entorno de áreas com alterações antrópicas é uma das formas de compreender como essas alterações afetam o local onde estão inseridas (Cândido *et al.*, 2020).

O tratamento de efluentes gera a possibilidade do reuso do esgoto tratado de forma sustentável e sem risco à saúde da população. Em regiões com escassez de água, como o Semiárido Brasileiro, o reuso de forma direta é uma alternativa de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável local. A busca pelo reuso sustentável não deve ser entendida apenas pela dimensão ambiental, mas também precisa se fundamentar nos aspectos sociais, já que ambos poderão alterar ou proteger os modos de vida da população (Ojima, 2013). Contudo, a participação da sociedade deve ser levada em consideração para tomada de decisões de políticas públicas e melhorias para os indivíduos.

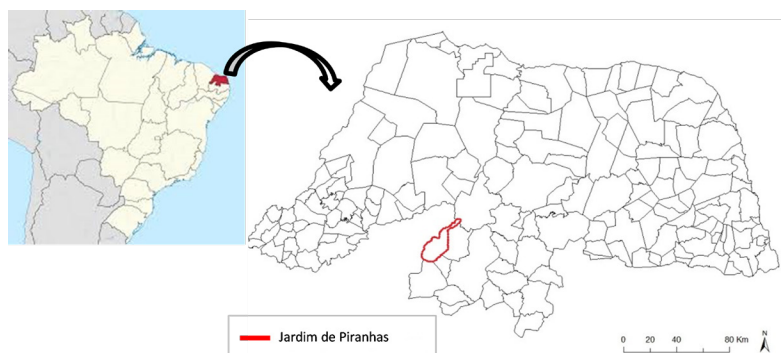
Neste contexto, o estudo da percepção ambiental da população do entorno em estações de tratamento de efluentes é importante para compreender como a inserção da ETE afeta a vida da comunidade, assim como gerar subsídios para delineamento de ações de educação ambiental e de medidas mitigadoras dos impactos negativos das estações junto a ela.

Diante do exposto, este estudo propõe avaliar a percepção ambiental da população local acerca das estações de tratamento de efluentes e sobre o reuso sustentável de suas águas no Semiárido Potiguar.

Percurso metodológico

O estudo foi realizado no município de Jardim de Piranhas/RN/Brasil ($6^{\circ}22'43''S$; $37^{\circ}21'03''W$), o qual está situado na microrregião do Seridó Ocidental do Rio Grande do Norte a 287 quilômetros da Capital Natal. O município se encontra na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu (Figura 1).

Figura 01 - Delimitação do Semiárido Brasileiro, destacando o município de Jardim de Piranhas/Rio Grande do Norte



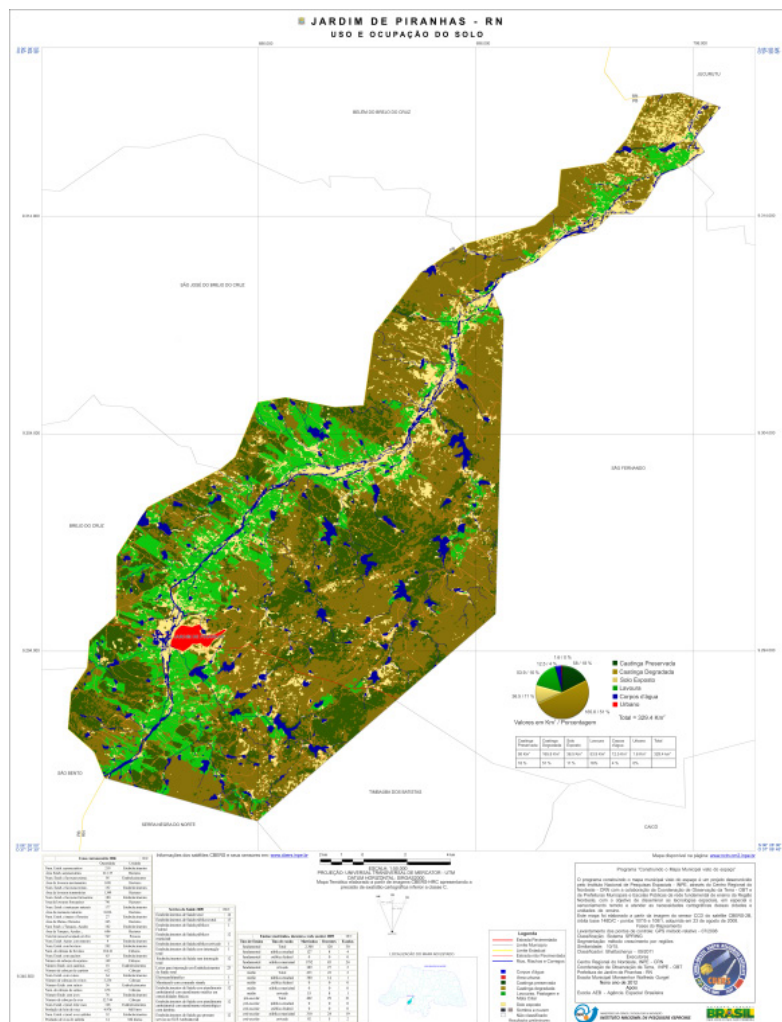
Fonte: Adaptado de Brasil, 2005; IBGE, 2010.

O clima na região é caracterizado como muito quente e semiárido e o rio principal é o Rio Piranhas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o município apresenta uma população de 13.506 habitantes total, sendo 21,6% desses, população rural (2.910 habitantes).

Como mencionado anteriormente, o município de Jardim de Piranhas tem sua economia baseada no setor têxtil. No qual existem pequenas, médias e grandes empresas que fabricam e beneficiam uma variedade de produtos têxteis e possuem unidades de tratamento de efluentes privadas requeridas no licenciamento ambiental de sua operação. No entanto, o município também tem vários microempreendedores têxtil dentro da cidade que saneiam seus efluentes na rede pública de efluentes domésticos. Desta forma, o sistema de tratamento de efluentes do município é considerado misto e possui um tratamento biológico com lagoas de estabilização e um pós-tratamento físico-químico, sendo operacionalizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). O efluente tratado é lança-

do no Rio Piranhas que margeia o município (Figura 2) e é o principal manancial da bacia Piranhas-Açu, sendo de grande importância regional.

Figura 2 - Uso e ocupação do solo no município de Jardim de Piranhas/RN, destacando a área urbana (vermelho) e o Rio Piranhas (azul).



Considerando a percepção ambiental, o estudo foi realizado por meio de amostra probabilística com a população do município de Jardim de Piranhas/RN/Brasil. O grupo da população a ser estudado foi formado pelos domicílios particulares ocupados no entorno da unidade de tratamento de efluente misto. A amostra foi selecionada por um plano de amostra aleatória estratificada. O tamanho da amostra foi calculado considerando o número de domicílios particulares ocupados ($N=3.861$) e a média de moradores em cada domicílio particular ocupado (3,50 moradores) (IBGE, 2010). Assim, foi obtido um total de 20 entrevistas realizadas em residências em torno do sistema de tratamento de efluentes no município para termos uma melhor representatividade dos dados.

A pesquisa em Percepção Ambiental foi delineada sob princípios quantitativos, qualitativos e exploratórios de acordo com Silva *et al.* (2011) e com Análise de Conteúdo de Bardin (2011). A Análise de Conteúdo é usada, principalmente na área de comunicação, para avaliar as percepções dos entrevistados utilizando processos de categorização e tabulação de respostas a questões abertas (Bardin, 2011).

Foram realizados inicialmente estudos exploratórios sobre a comunidade em torno da unidade de tratamento de efluentes no município de Jardim de Piranhas por meio de visita a campo.

Após aprovação da pesquisa no Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Parecer N°:55189616.5.0000.5537), foi aplicado na referida localidade entrevistas através de um questionário semiestruturado com questões fechadas e abertas, associando duas dimensões: a sócio demográfica (identificação e perfil do entrevistado); e ao processo de percepção ambiental (conhecimento e preocupação com o ambiente local) (Silva *et al.*, 2011; Bardin, 2011).

Os resultados alcançados foram obtidos por meio de análises quantitativas dos dados que podem ser mensurá-

veis, considerando a frequência de aparição da resposta. Para esta análise foi realizada tabulação com porcentagem. Para a análise qualitativa, as informações serão classificadas em categorias, que serão obtidas de acordo com as respostas dos entrevistados (Bardin, 2011).

Resultados e discussões

Os resultados da pesquisa foram obtidos a partir das entrevistas de um total de 20 domicílios sobre a percepção ambiental dos moradores do entorno da unidade de tratamento de efluentes doméstico, os quais aceitaram a participação na entrevista após a assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Perfil dos entrevistados

Para conhecer o perfil dos entrevistados neste estudo, foram investigadas as seguintes características sócio demográficas: Sexo, faixa etária, tempo de residência no local do entorno da ETE e grau de escolaridade. Na tabela 1 estão apresentados os dados sócio demográficos parciais da pesquisa.

Tabela 1 - Distribuição dos entrevistados de acordo com variáveis sócio demográficas.

Variável	Categoria	%
Sexo	Masculino	25
	Feminino	75
Faixa etária (anos)	18-20	5
	21-30	10
	31-40	45
	41-50	10

	51-60	
	>60	
Grau de escolaridade	Sem escolaridade	20
	Fundamental Incompleto	10
	Fundamental Completo	20
	Médio Incompleto	65
	Médio Completo	0
	Superior Incompleto	10
	Superior Completo	5
	Superior Completo	0
	Superior Completo	0
Tempo de residência no entorno da ETE (anos)	<05	40
	05-10	40
	11-15	15
	16-20	5
	>20	0

Fonte: os autores (2019)

Os resultados demonstram que a maioria dos entrevistados são mulheres (75%). Durante as entrevistas, pode-se avaliar que os homens trabalham nas empresas têxteis ou outros empregos, enquanto as mulheres ficam em casa trabalhando em costuras e/ou cuidando dos filhos, sendo o principal motivo que explica o dado observado. Este comportamento é corroborado em vários trabalhos sobre percepção (Pinheiro *et al.*, 2011; Bay; Silva, 2011; Barros *et al.*, 2013; Ferreira, *et al.*, 2020). Porém, o trabalho de Pinheiro *et al.* (2018) indicou maior presença do sexo masculino nas residências em áreas rurais, em virtude de a pesquisa ter sido realizada em horário específico e o local de trabalho dos homens serem mais próximo de casa.

A faixa etária dos entrevistados foi principalmente entre 31 a 40 anos (45%), seguida pela faixa etária de 51-60 anos

(20%). Isto se deve provavelmente ao fato de a pesquisa ter tido como objetivo entrevistar os chefes de família de cada residência. Além disso, uma grande parte dos respondentes eram mulheres responsáveis pelos encargos familiares e domésticos de suas casas, configurando a característica de que a maioria dos entrevistados eram mulheres adultas que tomavam conta da casa durante todo o dia. Medeiros e Tabosa (2015) avaliaram a percepção ambiental em estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA) também no semiárido do RN. Esses autores também encontraram a maior porcentagem de mulheres adultas em turmas do EJA em ensino técnico. Esses estudos mostram que as mulheres adultas, apesar de terem as obrigações familiares e domésticas, também buscam formação continuada.

Por outro lado, o grau de instrução dos respondentes mostrou que a maioria tem ensino fundamental incompleto (65%), seguindo por pessoas sem escolaridade e apenas 15% chegaram a cursar o ensino médio, seja incompleto ou completamente. Este dado está compatível com os dados do IBGE (2010), o qual indicou que o nível de escolaridade no município de Jardim de Piranhas está abaixo da média nacional, que seria ensino fundamental e médio completos. O grau de escolaridade torna-se um dado essencial a ser levantado em pesquisas sobre percepção e a ser considerado durante as intervenções sociais visando à mitigação e à comunicação dos assuntos que se quer abordar, uma vez que existem correlações entre habilidades cognitivas e a percepção do risco (Paulino; Lopes, 2010). Cabe salientar que escolaridades mais baixas estão vinculadas aos motivos de evasão escolar, os quais podem estar relacionados à sociedade, como drogas e violência, principalmente em ambientes urbanos e de periferia, à necessidade de trabalhar e cuidar da família, falta de transporte até a escola, entre outros fatores. Esses obstáculos favorecem o desemprego e a oferta de mão de obra barata devido à falta de qualificação profissional (Silva Filho; Araújo, 2017). Desta forma,

verifica-se a necessidade de intervenções ambientais dentro e fora das escolas do município.

A maioria dos entrevistados (80%) indicou residir no entorno da ETE entre menos de 05 a 10 anos. Este dado torna-se relevante para a pesquisa uma vez que a construção da estação de tratamento de efluente doméstico do município de Jardim de Piranhas foi iniciada e concluída durante o período de moradia da maioria da população entrevistada.

Percepção sobre a ETE

As avaliações da percepção e interpretação das relações entre os elementos ambientais ao quais os seres humanos estão inseridos visam compreender tais relações dentro das variabilidades e diversidades culturais e ecológicas que permeiam a comunidade. Somente diante dessa compreensão, os estudos e ações de educação ambiental poderão direcionar as mudanças de atitudes e condutas em relação ao meio ambiente (Guimarães, 2007).

Os resultados indicaram que a maioria dos participantes é ciente da existência da Estação de Tratamento de Efluentes na proximidade de sua residência (85%). Este dado é compatível com o pensamento de Guimarães (2007), pois a maior parte dos entrevistados já moravam próximo à ETE durante sua construção, demonstrando que houve uma modificação nos elementos ambientais do entorno. No entanto, percebe-se que, mesmo estando a estação localizada a poucos metros das residências das pessoas, ainda existem moradores próximos à ETE que não sabem da existência da estação (10%) e outros que desconhecem sua finalidade (5%). Provavelmente, para esses moradores, as mudanças em seu meio tornaram-se um “movimento automático”, como descrito por Nóbrega (2008), no qual, uma nova interpretação do meio ambiente torna-se um aprendizado executado sem necessidade de pensar sobre a nova condição.

O sistema de esgotamento sanitário impacta positivamente no bem-estar, na qualidade de vida e na saúde da população, uma vez que coleta e dispõe corretamente os efluentes evitando seu contato direto com os seres vivos. Contudo, pode haver impactos negativos na implementação da rede coletora e das ETE, quando mal planejadas ou operadas (Bay; Silva, 2011).

Apesar do município de Jardim de Piranhas ter a Estação de Tratamento de Efluentes, 76,31% da população tem seu esgoto não tratado nem coletado, apenas 17,47% têm o esgoto manejado de forma adequada (por meio de sistemas centralizados de coleta e tratamento ou de soluções individuais) e 6,22% é coletado, mas não é tratado (Ana, 2017). Porém no presente estudo, 35% da população no entorno da ETE tem a ligação dos seus efluentes à rede coletora e 40% possuem fossa séptica em sua residência. Os demais não souberam responder.

Para a maioria dos respondentes (85%) a ETE é importante e para 65% ela traz algum benefício para a população do município. Dados equivalentes foram apresentados também na região do Seridó do Rio Grande do Norte (Ferreira, *et al.*, 2020). Outras pesquisas em outras regiões brasileiras mostraram maiores porcentagens quanto à importância do tratamento de efluentes importantes e do benefício na implantação do esgotamento sanitário (Bay; Silva, 2011; Evaristo *et al.*, 2017). Um dado interessante no município de Jardim de Piranhas é que 80% da população entrevistada não se sente prejudicada com a construção da ETE nas proximidades das suas residências. Possivelmente, esses dados contraditórios podem ser explicados pelo fato de a ETE de Jardim de Piranhas, na ocasião, não estar em plena operação devido à falta de água na região durante os últimos anos.

Como dito anteriormente, em regiões com escassez de água, a reutilização de efluentes na agricultura é apontada como uma alternativa plausível para o desenvolvimen-

to dessas regiões, uma vez que é rico em matéria orgânica (Souza *et.al.*, 2015). Contudo, o reuso de águas residuárias é facilitado quando há aceitação e conhecimento dos benefícios pela população, bem como tratamento eficaz do efluente (Ferreira, *et al.*, 2020; Schaer-Barbosa; Santos; Medeiros, 2014).

Apesar do potencial desse recurso para a agricultura e outros fins, 55% dos entrevistados não usariam o esgoto tratado para alguma atividade de reuso. Provavelmente isso está refletido no dado que 57,5% afirma que o esgoto pode causar algum mal à saúde das pessoas se utilizado em alguma atividade de reuso e 45% consideram o esgoto contaminante. O estudo de Ferreira *et al.* (2020), no semiárido do RN, demonstrou que os índices de rejeição ao reuso de efluentes foram similares aos encontrados no presente estudo, mas apenas no município de Pedro Velho. Já a população de Parelhas apresentou percentuais de reprovação em torno de 20%.

Por outro lado, é importante salientar que parte dos entrevistados disseram que o esgoto tratado não seria contaminante (25%) se fosse bem tratado. O que indica que esta parcela, ao receber informações, estaria disposta a realizar atividades de reuso de águas residuais tratadas. Esses dados indicam que a prática e rejeição ao reaproveitamento dos efluentes estão associados ao conhecimento da população sobre alternativas de saneamento e às condições de funcionamento das estações em suas respectivas realidades.

Muitos entrevistados afirmaram, durante a aplicação do questionário, que não sabiam dizer sobre o que lhes estavam perguntando, este dado reflete que 85% deles não obtiveram informações sobre a ETE ou sobre reuso de efluentes. Esta porcentagem reflete a ausência e/ou pouca divulgação do poder público ou até a falta de interesse da população nas questões de saneamento e saúde pública, fato constatado em vários estudos sobre percepção ambiental (Bay; Silva, 2011; Cunha; Cannan, 2015; Evaristo *et al.*, 2011).

Considerações finais

O reuso de efluente tratado, se bem implementado e monitorado, pode beneficiar a população e o meio ambiente, principalmente em regiões com déficit hídrico. Como visto no presente estudo, o tratamento dos esgotos é apontado como importante, porém a prática de reaproveitamento destes é rejeitada pela maior parte dos atores sociais e possíveis beneficiários.

Assim, diante dos resultados da percepção ambiental dos moradores do entorno da ETE de Jardim de Piranhas, percebe-se a necessidade de conscientizar a população como responsáveis pelos impactos ao meio ambiente e à sua saúde, ou seja, sua qualidade de vida. Uma vez que suas mudanças de atitudes e condutas em relação ao meio ambiente poderão gerar ganhos sociais, econômicos e ambientais.

Portanto, a responsabilidade de tratamento e descartes dos efluentes, assim como do reuso destes, não é apenas do setor público. Óbvio que as instituições têm a obrigação de conscientizar, educar, regulamentar e fiscalizar. Por outro lado, é visto que cada residência e/ou microempreendimento têxtil no município impacta diretamente na economia e no meio ambiente, assim como no social.

Dessa forma, torna-se necessária a realização de ações de educação ambiental e a implementação de projetos de reuso de efluentes tratados para uso na indústria têxtil, a fim de compreender o impacto dessas ações na população residente na área de influência da estação.

Referências Bibliográficas

AMENGUAL-MORRO C.; NIELL G. M.; MARTÍNEZ-TABERNER A. Phytoplankton as bioindicator for waste stabilization ponds. **Journal of Environmental Management**, v. 95, p. 71-76, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (BRASIL). **Atlas Esgotos:** despoluição de Bacias Hidrográficas. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Brasília: ANA, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/72208. Acesso em: 15 nov. 2015.

ARAÚJO, A. L. C. Avaliação operacional e da eficiência de sistemas de lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte. **Relató-**

rio Final de Pesquisa. Fundação Nacional de Saúde, 2011.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** 1. Ed. São Paulo: Edições 70. 2011.

BARROS, J. D. DE S.; TORQUATO, S. C.; AZEVEDO, D. C. F.; BATISTA, F. G. DE A. Percepção dos agricultores de cajazeiras na paraíba, quanto ao uso da água de chuva para fins potáveis. **HOLOS**, Ano 29, v. 2, p. 50-65, 2013.

BAY; A. M. C.; SILVA, V. P. Percepção ambiental de moradores do bairro de liberdade de Parnamirim/RN sobre esgotamento sanitário. **HOLOS**, Ano 27, V. 3, p. 97-112, 2011.

L. G. CÂNDIDO, L. BOTEZELLI, D. R. T. RIONDET-COSTA³, A. M. IMPERADOR, D. O. SANT'ANNA. Percepção ambiental dos moradores do entorno da Mata da Paixão, em São José do Rio Pardo, SP. **HOLOS**, Ano 36, v.6, p. 8316, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.

BREGA FILHO, D; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. (eds). **Reúso de Água.** Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

CUNHA, M. C. B.; CANNAN, B. Percepção ambiental de moradores do bairro Nova Parnamirim em Parnamirim/RN a sobre saneamento básico. **HOLOS**, ano 31, v. 1, p. 133-143, 2015.

CRUZ, L. S. **Variação temporal das comunidades fitoplanctônicas em uma lagoa de polimento de um reator anaeróbio compartimentado tratando esgoto sanitário.** 2005. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2005.

DAVIS, E. M.; GLOYNA, E. F. Bacterial die-off in ponds. **Journal of Environmental Engineering Division.** ASCE, v. 98, p. 59-69, 1972.

D'CASTRO FILHO, F.J. **Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio em polimento de lagoa.** 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

EVARISTO, G. V. *et al.* Saneamento básico e percepção ambiental: um estudo realizado na comunidade Candidópolis em Itabira, Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 4, n. 1, p. 45-57, 2017.

FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental.** 2005. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html>. Acesso em: 01 nov. 2014.

FERREIRA, *et al.* Percepção de risco no tratamento e reúso de esgotos domésticos em populações do Nordeste. **Ambiente & Sociedade**, V. 23, p. 1-19, 2020.

GIDDINGS, B.; HOPWOOD, B.; O'BRIEN, G. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. **Sustainable Development**, v. 10, p. 187–196, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 13 jun. 2015.

IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de *Azadirachta indica* como adsorvente.** 2006.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KÖNIG, A. *et al.* **Variação nictemeral da qualidade do efluente final de uma lagoa facultativa secundária e a influência das algas**. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, I – 118, 1999, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MARCON, A. E.; FERREIRA, D. M.; MOURA, M. F. V.; CAMPOS, T. F. C., AMARAL. V. S.; AGNEZ-LIMA, L. F.; MEDEIROS, S. R. B. Genotoxic analysis in aquatic environment under influence of cyanobacteria, metal and radioactivity. **Chemosphere**, v. 81, n. 6, p. 773-80, 2010.

MEZRIOUI N.; OUFDOU K. H.; BALEUX B. Dynamics of non-O1 *Vibrio cholera* and faecal coliforms in experimental stabilization ponds in the arid region of Marrakesh, Morocco, and the effect of pH, temperature and sunlight on their experimental survival. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 489-498, 1995.

NOBREGA, T. P. da. Corpo, percepção e conhecimento em Merleau-Ponty. **Estudos de Psicologia**, v. 13, n. 2, p. 141-148, 2008.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Caderno Metrôpolis**, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 35-54, 2013.

OUFDOU K. *et al.* Effect of extracellular and endo-cellular products from cyanobacterium, *Synechocystis* sp., on the growth of some sanitation system bacteria. **Archives of Hydrobiologie / Algological Studies**, v. 125 (90), p. 139-148, 1998.

PAULINO, J. A.; LOPES, R. F. Relação entre percepção e comportamento de risco e níveis de habilidades cognitivas em um grupo de adolescentes em situação de vulnerabilidade social. **Psicologia Ciência e Profissão [online]**, v.30, n.4, p. 752-765, 2010.

RIO GRANDE DO NORTE. **CONEMA** – Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução Nº 02/2014. Aprova nova versão do Anexo Único da Resolução Conema 04/2006. Disponível em: <http://ad-con.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000081145.PDF>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SCHAER-BARBOSA, M; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. XVII, n. 2, p. 17-32, 2014.

SILVA, T. S.; LUCENA, M. M. A.; FREIRE, E. M. X.; CÂNDIDO, G. A. Conservação da Caatinga: interdisciplinaridade e percepção de comunidades do seminário. In: FREIRE, E. M. X; CÂNDIDO, G. A.; AZEVEDO, P. V.(orgs). **Múltiplos olhares sobre o semiárido brasileiro: perspectivas interdisciplinares**. Natal: Editora da UFRN, 2011. p. 11-35.

SILVA FILHO R. B.; ARAÚJO, R. M. de L. Evasão e abandono escolar na educação básica no Brasil: fatores, causas e possíveis consequências. **Educação Por Escrito**, v. 8, n. 1, p. 35-48, 2017.

SOUZA, C. F. *et al.* Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reúso agrícola. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 3, p. 587-597, 2015.

TORRES, D. F.; OLIVEIRA, E. S. Percepção Ambiental: Instrumento para Educação Ambiental em Unidades de Conservação. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 21, p. 227-235, 2008.



Tipografias utilizadas:

Ubuntu

Azo Sans

Esta obra foi submetida e selecionada por meio de edital específico para publicação pela Editora IFRN, tendo sido analisada por pares no processo de editoração científica.

A Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) já publicou livros em todas as áreas do conhecimento, ultrapassando a marca de 250 títulos. Atualmente, a edição de suas obras está direcionada a cinco linhas editoriais, quais sejam: acadêmica, técnico-científica, de apoio didático-pedagógico, artístico-literária ou cultural potiguar.

Ao articular-se à função social do IFRN, a Editora destaca seu compromisso com a formação humana integral, o exercício da cidadania, a produção e a socialização do conhecimento.

Nesse sentido, a Editora IFRN visa promover a publicação da produção de servidores e estudantes deste Instituto, bem como da comunidade externa, nas várias áreas do saber, abrangendo edição, difusão e distribuição dos seus produtos editoriais, buscando, sempre, consolidar a sua política editorial, que prioriza a qualidade.



editoraifrn



Jean Leite Tavares

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Sanitária/Recursos Hídricos, Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Pós-doutor em Recursos Hídricos e Ambiente



Dayana Melo Torres

Doutora em Engenharia Ambiental, Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenheira Ambiental, Tecnóloga em Gestão Ambiental e Bióloga



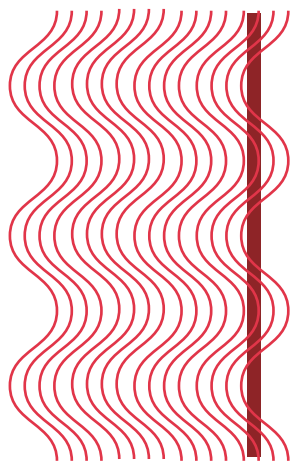
Sheyla Varela Lucena

Graduada em Ciências Biológicas, com Mestrado em Bioquímica e Doutorado em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Molecular



Leandro Silva Costa

Graduado em Ciências Biológicas, com Mestrado e doutorado em Bioquímica e Pós-doutorado em Educação Profissional e Tecnológica



Neste terceiro volume de coletâneas das pesquisas realizadas no âmbito do PPgUSRN, os estudos apresentados abrangem o levantamento do estado da arte em áreas vitais, para o aproveitamento dos recursos naturais no estado do Rio Grande do Norte, introduzem aspectos do uso de tecnologias da informação na gestão de resíduos e indicam ações para o adequado controle e gestão de resíduos, que são aspectos relevantes à gestão ambiental local, mas com aplicabilidade global.