

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS

**ANDRÉ ARMANDO MENDONÇA DE ALENCAR JUNIOR**

ESTUDO DE PARÂMETROS DE SUSTENTABILIDADE EM TINTAS IMOBILIÁRIAS

Niterói

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS

**ANDRÉ ARMANDO MENDONÇA DE ALENCAR JUNIOR**

ESTUDO DE PARÂMETROS DE SUSTENTABILIDADE EM TINTAS IMOBILIÁRIAS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação, *Stricto Sensu*, em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para o processo de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis.

Área de Concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Aplicadas para Organizações Sustentáveis.

Orientadores

Prof. Lisiane Veiga Mattos, D Sc.

Prof. Fernando Benedicto Mainier, D Sc.

Niterói

2023

**ANDRÉ ARMANDO MENDONÇA DE ALENCAR JUNIOR**

**ESTUDO DE PARÂMETROS DE SUSTENTABILIDADE EM TINTAS IMOBILIÁRIAS**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Lisiane Veiga Mattos, D. Sc. (ORIENTADORA)

Universidade Federal Fluminense (UFF)

---

Prof. Fernando Benedicto Mainier, D. Sc. (COORIENTADOR)

Universidade Federal Fluminense (UFF)

---

Prof. Fábio Merçon, D. Sc.

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

---

Prof. Humberto Nogueira Farneze, D. Sc.

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET- RJ)

---

Prof. Pedro Ivo Canesso Guimarães, D. Sc.

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

---

Prof. Marcelo Jasmim Meiriño, D. Sc.

Universidade Federal Fluminense (UFF)

---

Prof. Luis Perez Zotes, D. Sc.

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

D278e De Alencar Junior, André Armando Mendonça  
Estudo de parâmetros de sustentabilidade em tintas  
imobiliárias / André Armando Mendonça De Alencar Junior. -  
2023.  
171 p.: il.

Orientador: Lisiane Veiga Mattos.  
Coorientador: Fernando Benedicto Mainier.  
Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Escola de  
Engenharia, Niterói, 2023.

1. Compostos orgânicos voláteis. 2. Toxicidade. 3. Tintas  
imobiliárias. 4. Sustentabilidade. 5. Produção intelectual.  
I. Mattos, Lisiane Veiga, orientadora. II. Mainier, Fernando  
Benedicto, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense.  
Escola de Engenharia. IV. Título.

CDD - XXX

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

À minha família, pelo apoio e pela compreensão em relação a minha ausência em muitos momentos.

Aos meus orientadores Lisiane Veiga Mattos e Fernando Benedicto Mainier, pelos ensinamentos, pelo exemplo de profissionalismo e pela orientação concedida para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis, pelo apoio e pela ajuda para que este trabalho pudesse ser realizado.

À Universidade Federal Fluminense e a todos os professores, funcionários e amigos que tive oportunidade de conhecer ao longo da Graduação, Mestrado e Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis.

Aos professores e funcionários do LEMMA pelo fundamental apoio cedido e por disponibilizar o laboratório para a realização dos experimentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A sustentabilidade é um dos principais desafios da construção civil e impulsiona profissionais de diversas áreas do conhecimento a buscar soluções para minimizar o impacto das edificações no ambiente. Além da liberação de COVs (Compostos Orgânicos Voláteis), tintas convencionais são compostas por substâncias químicas danosas ao ambiente e a saúde humana. Nesta tese, parte-se do pressuposto que propor edificações mais sustentáveis implica em uma articulação mais próxima com as tintas imobiliárias utilizadas nesses espaços. Neste sentido, o objetivo da pesquisa é avaliar como que parâmetros ambientais e toxicológicos, são considerados pelos produtores de tintas imobiliárias e a relevância que critérios de sustentabilidade possuem para engenheiros civis e arquitetos no momento da seleção destes produtos para utilização em seus empreendimentos. Este estudo difere de seus anteriores devido à qualificação e avaliação da influência de fatores sustentáveis no processo de produção e seleção de tintas, por meio de métodos simples e conclusivos. Sua relevância encontra-se no fato de que o desenvolvimento de tecnologias mais “limpas” vem ganhando uma crescente importância na ciência, na indústria e na própria sociedade. Os métodos aplicados avaliaram quantitativamente e qualitativamente a importância de critérios ambientais e toxicológicos para produtores e usuários, a fim de traçar um panorama deste mercado a luz destes critérios. Sua originalidade situa-se na utilização de técnica multicritério para definição e mensuração da percepção da sustentabilidade e seu impacto no processo de seleção de tintas imobiliárias e na formulação de protótipo de tinta livre de COVs. Como ineditismo, merece ser citada a análise de 773 publicações científicas internacionais de janeiro de 1985 a novembro de 2019 a fim de compreender o estado da arte nesse domínio. Uma ampla revisão da literatura foi realizada a partir do desenvolvimento de um estudo bibliométrico. Sua contribuição acadêmica ocorre na medida em que avalia a percepção da importância, da influência e do impacto de critérios sustentáveis na produção e aquisição de tintas imobiliárias. A análise dos resultados obtidos a partir da realização de pesquisa documental, de levantamento e laboratorial evidenciou que as tintas imobiliárias disponibilizadas no mercado brasileiro são nocivas ao ambiente e a saúde humana, e que é necessário avançar na difusão de conceitos associados a sustentabilidade e sua importância para a manutenção do planeta, assim como no desenvolvimento de pesquisas que visem a obtenção de tintas ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** Compostos Orgânicos Voláteis, Toxicidade, Tintas Imobiliárias, Sustentabilidade, Ambientes Construídos.

## ABSTRACT

Sustainability is one of the main challenges in civil construction and drives professionals from different areas of knowledge to seek solutions to minimize the impact of buildings on the environment. In addition to releasing VOCs (Volatile Organic Compounds), conventional paints are composed of chemical substances that are harmful to the environment and human health. In this thesis, it is assumed that proposing more sustainable buildings implies a closer articulation with the real estate paints used in these spaces. In this sense, the objective of the research is to evaluate how environmental and toxicological parameters are considered by producers of real estate paints and the relevance that sustainability criteria have for civil engineers and architects when selecting these products for use in their projects. This study differs from its previous ones due to the qualification and evaluation of the influence of sustainable factors in the paint production and selection process, using simple and conclusive methods. Its relevance lies in the fact that the development of “cleaner” technologies is gaining increasing importance in science, industry and society itself. The methods applied quantitatively and qualitatively evaluated the importance of environmental and toxicological criteria for producers and users, in order to draw an overview of this market in light of these criteria. Its originality lies in the use of a multi-criteria technique to define and measure the perception of sustainability and its impact on the selection process of real estate paints and in the formulation of a VOC-free paint prototype. As a first, it is worth mentioning the analysis of 773 international scientific publications from January 1985 to November 2019 in order to understand the state of the art in this field. A broad review of the literature was carried out based on the development of a bibliometric study. Its academic contribution occurs as it evaluates the perception of the importance, influence and impact of sustainable criteria in the production and acquisition of building paints. The analysis of the results obtained from documentary, survey and laboratory research showed that the real estate paints available on the Brazilian market are harmful to the environment and human health, and that it is necessary to advance in the dissemination of concepts associated with sustainability and its importance for the maintenance of the planet, as well as in the development of research aimed at obtaining environmentally sustainable paints.

**Key words:** Volatile Organic Compounds, Toxicity, Architectural Paints, Sustainability, Built Environments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Constituição básica de uma tinta .....	24
Figura 2.2 – Esquema do valor de PVC em relação à porosidade de uma película de tinta ..	28
Figura 2.3 - Determinação da massa de pigmento por volume de tinta .....	30
Figura 2.4 – Determinação da massa residual da tinta por massa de tinta .....	31
Figura 2.5 – Viscosímetro Ford .....	31
Figura 2.6 – Viscosímetro Stormer para medidas de consistências e/ou altas viscosidades ...	32
Figura 2.7 - Picnômetro vazio .....	33
Figura 2.8 - Vista do equipamento para avaliar o ponto de fulgor .....	34
Figura 2.9 - Equipamentos para medidas de espessura em tintas .....	34
Figura 2.10 - Dispositivo de corte para determinação da espessura .....	35
Figura 2.11 – Cortes padronizados feitos nas tintas aplicadas .....	35
Figura 2.12 Cortes na forma de X em amostras de tintas aplicadas .....	36
Figura 2.13 – Padrões ABNT de destacamento da tinta para o método B .....	36
Figura 2.14 - Dispositivo para determinar dureza de uma tinta .....	37
Figura 2.15 - Câmara de ensaios com umidade total .....	37
Figura 2.16 – Câmara de névoa salina e corpo de prova removido das condições de ensaio .	38
Figura 2.17 - Processo produtivo de tintas à base de água .....	39
Figura 2.18 - Processo produtivo de tintas à base de solventes orgânicos .....	40
Figura 3.1 – Objetivos e métodos de pesquisa .....	56
Figura 3.2 - Esquema de metodologia bibliométrica .....	58
Figura 3.3 - Estrutura do método para pesquisa documental .....	63
Figura 3.4 - Fluxo do processo de pesquisa de levantamento .....	70
Figura 3.5 - Estrutura do método para avaliação dos critérios .....	75

Figura 3.6 - Critérios para a seleção de tintas imobiliárias .....	76
Figura 3.7 - Aspecto das barras de aço imersas em meio salino após 90 dias .....	80
Figura 3.8 – Aspecto das barras de aço de corpos de prova de concreto armado, após 90 dias em meio salino .....	80
Figura 3.9 – Corpo de prova de aço carbono usado para ensaios da tinta .....	84
Figura 3.10 – Corpo de prova placa de acrílico .....	85
Figura 3.11 – Corpos de prova ensaio visando determinação do teor de voláteis .....	86
Figura 3.12 – Esquema do ensaio e vista do recipiente de polietileno com os corpos de prova revestidos .....	87
Figura 3.13 – Vista dos corpos de prova revestidos no interior do recipiente .....	88
Figura 4.1 - Número de publicações por ano .....	90
Figura 4.2 - Rede de co-citação de referências citadas no campo sustentabilidade industrial em tintas .....	95
Figura 4.3 - Mapa de copalavra dos artigos de pesquisa sobre sustentabilidade industrial na área de tintas .....	98
Figura 4.4 - Mapa da estrutura conceitual do campo de pesquisa sustentabilidade industrial em tintas .....	99
Figura 4.5 - Porcentagem de preferência por critério .....	109
Figura 4.6 - Porcentagens acumuladas .....	110
Figura 4.7 – Gráfico e nuvem de palavras FISPQ .....	111
Figura 4.8 – Gráfico e nuvem de palavras ACV .....	112
Figura 4.9 – Gráfico e nuvem de palavras produtos ambientalmente amigáveis .....	113
Figura 4.10 – Gráfico e nuvem de palavras doenças .....	115
Figura 4.11 – Gráfico e nuvem de palavras selos ambientais .....	116
Figura 4.12 – Gráfico e nuvem de palavras acidentes .....	117
Figura 4.13 – Gráfico e nuvem de palavras reciclagem .....	118
Figura 4.14 – Gráfico e nuvem de palavras comentário .....	119

Figura 4.15– Protótipo da tinta à base de silicato de sódio .....	121
Figura 4.16 – Ensaio de aderência corpos de prova de argamassa .....	123
Figura 4.17 – Ensaio de aderência corpos de prova de aço carbono .....	124
Figura 4.18 – Curvas de perda de massa .....	125
Figura 4.19 – Porcentagem de emissão de voláteis .....	126
Figura 4.20 – Curvas de perda de massa apresentadas nas pesquisas realizadas por Patiño Guío (2013) referentes a avaliações de COV .....	127
Figura 4.21 – Mecanismo de liberação de vapor d’água e compostos orgânicos voláteis (COV) .....	127
Figura 4.22 – Vista dos corpos de prova 1 e 2 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 48 horas .....	128
Figura 4.23 – Vista dos corpos de prova 3 e 4 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 48 horas .....	128
Figura 4.24 – Vista dos corpos de prova 5 e 6 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 48 horas .....	129
Figura 4.25 – Vista dos corpos de prova 7 e 10 revestidos completamente imersos e retirados após 48 horas .....	129
Figura 4.26 – Laterais dos corpos de prova com um filete de cola epóxi .....	130
Figura 4.27 – Vista dos corpos de prova 1 e 2 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 96 horas .....	129
Figura 4.28 – Vista dos corpos de prova 3 e 4 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 96 horas .....	130
Figura 4.29 – Vista dos corpos de prova 5 e 6 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 96 horas .....	131
Figura 4.30 – Vista dos corpos de prova 7 e 10 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 96 horas .....	131

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Teores de pigmentos em diversos tipos de tintas .....	28
Tabela 2.2 – Limites de exposição à COVs para substâncias cancerígenas e não cancerígenas .....	48
Tabela 2.3 – Concentração limite média de alguns COVs determinada pela OSHA na construção .....	49
Tabela 2.4 – Valores limites de exposição para compostos contaminantes do ar, estabelecidos pela NR-15(1994) .....	50
Tabela 3.1 - Metodologia adotada na pesquisa .....	53
Tabela 3.2 - Métodos bibliométricos adotados e perguntas de pesquisa feitas. ....	59
Tabela 3.3 - Termos utilizados na pesquisa .....	61
Tabela 3.4 – Formulário parâmetros ecológicos .....	67
Tabela 3.5 – Formulário parâmetros toxicológicos .....	68
Tabela 3.6 - Universo de Respondentes ao <i>Survey</i> .....	72
Tabela 3.7 - Escala de <i>Saaty</i> .....	75
Tabela 3.8 - Referências para os critérios .....	77
Tabela 3.9 - Índices randômicos .....	78
Tabela 3.10 - Propriedades físico-químicas das substâncias .....	81
Tabela 3.11 - Composição química da tinta produzida .....	81
Tabela 3.12 - Formulação experimental da tinta de silicato de sódio .....	81
Tabela 3.13 - Conversão dos segundos do copo <i>Ford</i> .....	82
Tabela 4.1 - Principais informações das publicações .....	89
Tabela 4.2 - Periódicos mais relevantes identificados .....	91
Tabela 4.3 - Autores com maiores números de publicações .....	92
Tabela 4.4 - Países com maior número de publicações .....	92
Tabela 4.5 - Publicações mais citadas .....	93
Tabela 4.6 - Autores identificados na rede de cocitação de referências citadas na área de sustentabilidade industrial em tintas .....	95
Tabela 4.7 - Palavras-chave mais relevantes associadas à sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas .....	97
Tabela 4.8 – Análise de parâmetros ecológicos .....	100

Tabela 4.9 – Análise de parâmetros toxicológicos .....	104
Tabela 4.10 - Principais substâncias e danos associados à saúde humana .....	105
Tabela 4.11 - Matriz média aritmética do somatório do total de respondentes .....	106
Tabela 4.12 - Matriz média aritmética do somatório do total de respondentes normalizada .....	107
Tabela 4.13 - Vetor prioridade e percentuais (média aritmética) .....	107
Tabela 4.14 - Matriz média geométrica do somatório do total de respondentes .....	108
Tabela 4.15 - Matriz média geométrica do somatório do total de respondentes normalizada .....	108
Tabela 4.16 - Vetor prioridade e percentuais (média geométrica) .....	109
Tabela 4.17 - Formulação da tinta de silicato de sódio .....	120
Tabela 4.18 - Valores do pH da tinta .....	121
Tabela 4.19 - Resultados dos ensaios de aderência de corpos de prova de argamassa .....	123
Tabela 4.20 - Resultados dos ensaios de aderência de corpos de prova de aço carbono .....	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAFATI	Associação Brasileira de Produtores de Tintas
OMS	Organização Mundial da Saúde
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
PPSIG	Programa de Pós - Graduação em Sistemas de Gestão
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
QAI	Qualidade do Ar Interior
UV	Ultravioleta
AGEPC	Aliança Global para Eliminar Pintura de Chumbo
MEP	<i>Ministry of Environmental Protection</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
SED	Síndrome do Edifício Doente
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
PB	Portfólio Bibliográfico
WOS	<i>Web of Science</i>
JCR	<i>Journal Citations Report</i>
SI	Sustentabilidade Industrial
TI	Tintas Imobiliárias
TAC	Tintas Anticorrosivas
TAI	Tintas Anti-incrustantes
MAH	Método da Análise Hierárquica
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
PML	Prioridades Médias Locais
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança do Produto Químico
CP	Corpo de Prova
NM	Norma Mercosul
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
NIOSH	<i>National Institute for Occupation Safety and Health</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
CCPA	<i>Canadian Chemical Producers Association</i>
P+L	Produção mais limpa
CNI	Confederação Nacional da Indústria
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
CSB	<i>Chemical Safety Board</i>
CEN	<i>Chemical and engineering news</i>
BARPI	<i>Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	17
1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA .....	18
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA .....	19
1.4 OBJETIVOS .....	20
<b>1.4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>20</b>
1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DO PPSIG .....	20
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	22
1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE .....	23
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>24</b>
2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS RELATIVOS ÀS TINTAS IMOBILIÁRIAS .....	24
2.2 PRINCIPAIS ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TINTAS IMOBILIÁRIAS .....	27
<b>2.2.1 Determinação do volume de pigmentos/volume de tinta-PVC (Pigment Volume Content) .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2 Determinação de não-voláteis em massa (Sólidos por massa).....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3 Determinação da viscosidade.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.4 Determinação da estabilidade/sedimentação .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.5 Determinação da consistência.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.6 Determinação da massa específica .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.7 Tempo de secagem .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.8 Ponto de Fulgor de tintas (Flash point) .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.9 Determinação da espessura da tinta aplicada sobre um substrato .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.10 Determinação da aderência de uma tinta aplicada sobre um substrato .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.11 Determinação da dureza de tintas aplicadas em substrato.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.12 Avaliação do comportamento da tinta em ambientes com umidade 100% .....</b>	<b>37</b>

<b>2.2.13 Avaliação da tinta em câmara de névoa salina .....</b>	<b>38</b>
2.3 PROCESSO PRODUTIVO DAS TINTAS IMOBILIÁRIAS .....	38
2.4 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS ÀS TINTAS .....	40
<b>2.4.1 Contaminação da água por efluentes industriais .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.2 Formação do smog fotoquímico .....</b>	<b>41</b>
2.5 PRINCIPAIS IMPACTOS À SAÚDE HUMANA ASSOCIADOS ÀS TINTAS .....	43
2.6 LEGISLAÇÕES SOBRE QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI) .....	48
2.7 QUÍMICA SUSTENTÁVEL .....	50
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>53</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA .....	53
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	55
<b>3.2.1 Estudo Bibliométrico .....</b>	<b>56</b>
3.2.1.1 Método .....	57
3.2.1.2 Projeto de pesquisa .....	59
3.2.1.3 Processo de seleção do portfólio bibliográfico (PB) .....	60
3.2.1.4 Análises .....	61
3.2.1.5 Visualização .....	62
3.2.1.6 Interpretação .....	62
<b>3.2.2 Pesquisa documental .....</b>	<b>62</b>
<b>3.2.3 Pesquisa de levantamento .....</b>	<b>69</b>
3.2.3.1 Instrumento de pesquisa de campo .....	69
3.2.3.2 Métodos de análise dos dados .....	72
<b>3.2.4 Pesquisa experimental .....</b>	<b>79</b>
3.2.4.1 Formulação da tinta à base de silicato .....	80
3.2.4.2 Ensaio de viscosidade da tinta à base de silicato .....	82
3.2.4.3 Determinação do pH da tinta à base de silicato .....	83
3.2.4.4 Determinação do ponto de fulgor da tinta a base de silicato e de tintas comerciais ....	83
3.2.4.5 Ensaios de aderência da tinta à base de silicato .....	83
3.2.4.6 Ensaio de teor de voláteis da tinta à base de silicato e de tintas comerciais .....	85
3.2.4.7 Ensaio de corpos de prova de aço carbono revestidos com a tinta à base de silicato em condições de alta salinidade .....	87

<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
4.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA.....	89
<b>4.1.1 Análise de citação .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1.2 Análise de cocitação.....</b>	<b>95</b>
<b>4.1.3 Análise de copalavra.....</b>	<b>96</b>
4.2 PESQUISA DOCUMENTAL .....	100
4.3 PESQUISA DE LEVANTAMENTO.....	106
<b>4.3.1 Método de Análise Hierárquica (MAH) .....</b>	<b>106</b>
<b>4.3.2 Análise estatística e de conteúdo .....</b>	<b>110</b>
4.4 PESQUISA EXPERIMENTAL .....	120
<b>4.4.1 Formulação da tinta à base de silicato de sódio.....</b>	<b>120</b>
<b>4.4.2 Ensaio de viscosidade da tinta à base de silicato.....</b>	<b>121</b>
<b>4.4.3 Determinação do pH da tinta à base de silicato.....</b>	<b>121</b>
<b>4.4.4 Determinação do ponto de fulgor da tinta a base de silicato e de tintas comerciais</b> <b>.....</b>	<b>122</b>
<b>4.4.5 Ensaio de aderência da tinta à base de silicato .....</b>	<b>122</b>
<b>4.4.6 Ensaio de teor de voláteis da tinta à base de silicato e de tintas comerciais .....</b>	<b>125</b>
<b>4.4.7 Avaliação de corpos de prova de aço carbono revestidos com a tinta a base de</b> <b>silicato em condições de alta salinidade.....</b>	<b>128</b>
<b>4.4.8 Considerações finais sobre os ensaios laboratoriais .....</b>	<b>132</b>
<b>5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>133</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	133
5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	135
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>169</b>
Apêndice 1 – Questionário .....	169

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A tinta é caracterizada por ser uma mistura de substâncias, formada por partículas sólidas finas, com dimensões que podem variar de 1 µm a 1nm. Estas partículas estão dispersas em um solvente volátil, que pode ser orgânico ou água. Após a aplicação da mistura em um substrato e sua exposição ao ar, ocorrerá a formação de um filme, após a evaporação do solvente. Este filme tem a função de proteger e decorar a superfície. Os constituintes básicos presentes nas tintas são resinas, pigmentos, solventes e aditivos (ABRAFATI, 2022; MARIANI, 2015).

A ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas) classifica as tintas de acordo com a natureza de seus solventes, podendo ser, solvente inorgânico (água), denominadas usualmente como tintas à base d'água, ou solventes orgânicos, denominadas também como tintas sintéticas (FAZENDA, 2009).

As tintas imobiliárias são utilizadas para revestir as edificações construídas para atender diversas utilizações. O tipo de tinta a ser escolhido depende de qual intemperismo a superfície está exposta. Por exemplo, na utilização em alvenaria, tem a função de evitar o esfarelamento, absorção de água da chuva e sujeira e o desenvolvimento de mofo e de algas. Na madeira tem a especificidade de decorar, evitar apodrecimento, e absorção de água (ABRAFATI, 2022).

Diversos tipos de tintas são disponibilizados no mercado brasileiro, sendo cada uma delas, adequada as condições específicas e para determinados ambientes. Para pintura de paredes de alvenaria as mais usuais são as tintas látex (à base d'água), podendo ser acrílicas, PVA, vinil-acrílicas e texturas. As tintas látex são separadas em três denominações: Econômica, Standard e Premium. As tintas econômicas são as que possuem qualidade inferior quando comparada com as outras, por isso são mais utilizadas em ambientes internos, porém em contrapartida, possuem no mercado um preço menor. Já as tintas classificadas como Standard e Premium, são indicadas tanto para ambientes interno quanto externos pelo fato de apresentar maior resistência a intempéries. (UEMOTO, 2005; ABRAFATI, 2022).

O mercado de tintas do Brasil integra um dos cinco maiores do mundo e, em 2022, produziu cerca de 1, 600 bilhões de litros de tinta e exportou cerca de US\$ 290 milhões em tintas para todo o mundo. Sendo o mercado dividido em 4 grandes nichos: tinta automotiva, tinta de repintura automotiva, tinta industrial e tinta imobiliária, o último, o nicho em questão deste

trabalho, representa pouco mais de 80% do volume fabricado no país que, em 2022, produziu 1,358 bilhões de litros de tinta (ABRAFATI, 2022).

## 1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA

A Qualidade do ar interior (QAI) une os conceitos de saúde e bem-estar ao ambiente construído e por este motivo impacta na vida dos usuários destas edificações (NIOSH, 2013). A baixa qualidade do ar interno oferece diversos riscos ambientais aos usuários, (DOJVAK; KUKEC, 2019) que podem ser de origem química, biológica ou física (BREVIGLIERO *et al.*, 2019; YASSI *et al.*, 2001). Isolados ou associados, os riscos podem ocasionar morbidades que estão ligadas diretamente as condições ambientais da edificação; tais como infecções bacterianas, virais ou por fungos e asma (SODRÉ; TORTORA; CORRÊA, 2014). Um ambiente insalubre de trabalho, por exemplo, pode inabilitar um colaborador para cumprir suas funções, a partir do desenvolvimento de doenças. O ambiente de trabalho, neste caso, é o causador dos danos e precisa ser repensado e tratado (BREVIVLIERO *et al.*, 2019).

O retorno financeiro de uma empresa está intimamente relacionado à qualidade interna do ar. Ambientes de trabalho com alta qualidade do ar proporcionam ao funcionário um ambiente sadio, que propicia um melhor desempenho. A qualidade do ar interior é um importante critério para avaliar edificações no que tange à sustentabilidade, pois está intimamente relacionada à saúde da edificação e de seus usuários (PAGEL *et al.*, 2016).

O estudo dos fatores que impactam a qualidade do ar em ambientes construídos pode direcionar soluções de engenharia mais adequadas para alcançar melhores resultados em relação a este parâmetro de sustentabilidade e, ainda, pautar futuras estratégias de diminuição da poluição interna.

Um dos principais responsáveis pela baixa qualidade do ar em ambientes internos são os compostos orgânicos voláteis (COVs), e estão presentes em todas as tintas imobiliárias, distinguindo apenas em quantidades, que são distintas em tintas à base de solventes e em tintas a base de água. São classificados como compostos orgânicos voláteis, gases que possuem alta pressão de vapor, baixa solubilidade em água e que na atmosfera, a partir de reação desencadeada pela radiação solar, produzem fotoquímicos oxidantes (EPA, 2022). Estes compostos orgânicos são emitidos para a atmosfera durante o processo de produção das tintas, no momento da aplicação do produto na superfície, bem como durante o tempo de cura do material (FAZENDA, 2009).

Os COVs são classificados como: hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos alifáticos, glicóis, cetonas, acetatos e álcoois, podem gerar diversos empecilhos a saúde dos seres humanos, como doenças respiratórias e a natureza, já que participam da formação de ozônio troposférico na atmosfera (EPD, 2021).

Além da qualidade do ar interior, outros parâmetros relativos à sustentabilidade em tintas imobiliárias e em ambientes construídos precisam ser estudados e discutidos. Neste sentido, os efluentes produzidos pelas indústrias de tintas também têm recebido atenção maior, que pode ser justificada pelo crescimento econômico do setor, mas, sobretudo por apresentarem características bastante particulares e alta carga poluidora. (SANTANA *et al.*, 2020).

Diante deste panorama, se faz necessária uma análise de como parâmetros relacionados à sustentabilidade, em especial os que impactam as dimensões ambiental e social, estão sendo considerados pela indústria nas formulações químicas, e por engenheiros e arquitetos no momento da seleção de tintas imobiliárias para seus empreendimentos. Neste sentido, quais são as contribuições que produtores e usuários de tintas imobiliárias oferecem, para tornar os ambientes construídos mais sustentáveis?

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

- **QP1** - Quais são os principais tópicos e blocos conceituais de construção da literatura que abordam a sustentabilidade em tintas imobiliárias?
- **QP2** - As composições químicas das principais marcas de tintas imobiliárias disponibilizadas no mercado brasileiro atendem satisfatoriamente a parâmetros relacionados às dimensões da sustentabilidade?
- **QP3** - Qual o grau de importância que profissionais da construção civil (arquitetos e engenheiros civis) atribuem a critérios de sustentabilidade no momento da seleção de tintas imobiliárias para seus empreendimentos, em comparação a critérios de interesse da construção civil? Qual o nível de conhecimento que estes profissionais possuem sobre aspectos relacionados à sustentabilidade em tintas?
- **QP4** – É possível desenvolver uma tinta imobiliária completamente livre de compostos orgânicos voláteis (COVs)?

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Avaliar como a sustentabilidade é considerada na produção da tinta imobiliária e na seleção deste material de construção para empreendimentos por parte de profissionais da construção civil (engenheiros civis e arquitetos).

### 1.4.2 Objetivos específicos

- **OE1** - Realizar um estudo bibliométrico sobre as principais discussões e abordagens teóricas da temática sustentabilidade em tintas imobiliárias, empregando o método de Zupic e Čater (2015) apoiado pelos softwares VOSviewer e Bibliometrix do pacote R.
- **OE2** - Realizar pesquisa documental, consultando informações e dados apresentados em fichas de informação de segurança de produto químico (FISPQs) de tintas imobiliárias;
- **OE3** - Mapear a percepção de profissionais da construção civil (engenheiros civis e arquitetos) sobre o grau de importância de critérios de sustentabilidade, no momento da escolha de tintas imobiliárias para empreendimentos.
- **OE4** - Desenvolver e/ou adaptar ensaios laboratoriais na avaliação de produtos químicos ou materiais alinhados na dimensão ambiental e social.

## 1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DO PPSIG

Zanoni (2000, p.112) enfatiza que um trabalho científico que envolve o meio ambiente somente pode ser realizado a partir de uma metodologia interdisciplinar. A Ciência da Sustentabilidade (CLARK; DICKSON, 2003; KOMIYAMA; TAKEUCHI, 2006; KAJIKAWA, 2008; JERNECK *et al.*, 2011; SPANGENBERG, 2011) é a base para justificar que a interdisciplinaridade neste estudo pode ser definida como a integração dinâmica dos conhecimentos que estão relacionados à química de processos industriais inerentes à produção de tintas, as avaliações de risco com acidentes tecnológicos, as contaminações, o meio ambiente, a toxicologia, a saúde dos trabalhadores e de seus descendentes e responsabilidade

social. São muitas disciplinas envolvidas, com o objetivo de se obter um produto químico ambientalmente amigável e que não ofereça riscos à saúde humana.

Outro aspecto que evidencia a adequação da pesquisa aos requisitos do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense (PPSIG/UFF) refere-se à interação da engenharia civil com as disciplinas ciência dos materiais, química e biologia. Essa integração acontece, pois além de observar aspectos interessantes para a construção civil no momento do desenvolvimento do material de construção, no caso a tinta imobiliária, também é considerada à preservação do meio ambiente, prevendo a possibilidade de ocorrência de acidentes tecnológicos que possam ocasionar vazamentos e contaminações ou pensando também no aspecto da mitigação de gases nocivos a atmosfera. Também acontece quando se dialoga com a biologia, para saber os efeitos adversos que determinadas substâncias químicas podem causar a saúde humana e até de animais, no caso de uma eventual contaminação do *habitat* destes.

Portanto, a abordagem destes temas requer o que Jorna *et al.* (2009) definem como “conhecimento da sustentabilidade”, ou seja, o conhecimento das causas que provocam problemas ambientais, organizacionais, sociais e individuais, bem como o conhecimento pelo qual tais problemas podem ser resolvidos.

Frente a estas considerações, é possível verificar que a proposta de pesquisa encontra aderência no PPSIG, em sua linha de pesquisa “Tecnologias Aplicadas para Organizações Sustentáveis”, fato que pode ser atestado mediante análise de sua ementa. A busca por tintas imobiliárias mais sustentáveis demanda a interação e a interpenetração de diferentes saberes, o que configura um processo interdisciplinar em sua essência.

Pacheco *et al.* (2011, p.596) salientam que “a vivência coerente da interdisciplinaridade exige uma abordagem metodológica interdisciplinar e, dessa forma, motivando sua comunidade docente à aproximação com métodos, procedimentos e instrumentos diferentes de suas disciplinas de origem”. É o que se verificou no presente caso. O Autor, com Graduação e Mestrado em áreas da Engenharia Civil, teve uma formação acadêmica baseada na ótica positivista, com pesquisa quantitativa e fortemente voltada a técnicas de experimentação. O contato com outros paradigmas e abordagens, como a postura construtivista e a pesquisa qualitativa, atesta que o Programa oportunizou essa “aproximação” com epistemologias e metodologias diversas à área de origem, atestando, também sob este enfoque, o caráter interdisciplinar do PPSIG.

Em síntese, este projeto de Tese encontra múltiplas abordagens que promovem sua adesão e aderência ao Programa de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis, cabendo referir:

- a) Trabalho de caráter interdisciplinar, à semelhança do foco do Programa;
- b) Enquadramento fundamentado à linha de pesquisa em Tecnologias Aplicadas para Organizações Sustentáveis;
- c) Adoção das dimensões e conceitos relacionados à sustentabilidade como base conceitual para construção e desenvolvimento da pesquisa;
- d) Emprego de técnicas de Gestão durante o desenvolvimento metodológico do trabalho;
- e) Utilização de uma concepção paradigmática e metodológica não usual à área disciplinar de formação acadêmica do autor.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa bibliométrica limitou-se a buscar apenas artigos científicos relacionados à sustentabilidade em tintas imobiliárias, em uma perspectiva construtivista. Considerando que livros, contribuições para volumes editados, artigos de conferências e papéis de trabalho passam por processos de revisão por pares menos rigorosos e estão menos disponíveis, eles não foram inclusos em nosso estudo (PODSAKOFF *et al.*, 2005).

A busca foi limitada no tempo, por isso inclui apenas artigos publicados entre 1985, ano em que foi identificada a publicação do primeiro artigo relacionado ao tema, até 2019. Houve uma limitação nas bases de dados utilizadas. As bases de dados Scopus (scopus.com) e *Web of Science* (webofknowledge.com) foram escolhidas para este estudo.

A pesquisa documental foi realizada a partir da análise de FISPQs de diferentes marcas de tintas imobiliárias comercializadas no Brasil, com o objetivo de conhecer a realidade deste mercado sob a óptica da sustentabilidade. Para esta análise foram considerados dados de parâmetros ecológicos e toxicológicos disponibilizados na amostra de fichas selecionada e alinhados com o conceito de produtos químicos ambientalmente corretos. A busca as FISPQs ocorreu entre setembro de 2021 e outubro de 2021 em sites de lojas de materiais de construção e/ou fabricantes do produto, que disponibilizavam o documento para download.

Para a realização da pesquisa de levantamento optou-se pela aplicação de questionário em grupo formado somente por engenheiros civis e arquitetos. As limitações deste estudo estão

associadas à disponibilidade de dados e às fontes utilizadas para os dados coletados. A pesquisa assume que os provedores de dados estão fornecendo informações legítimas para serem usadas na pesquisa e que em linhas gerais, todos os dados coletados parecem razoáveis. O envio dos primeiros e-mails convidando os profissionais para participar da pesquisa ocorreu em 20 de junho de 2022 e foi encerrado em 17 de janeiro de 2023.

A pesquisa experimental limitou-se a analisar o desempenho da tinta a partir da realização de alguns ensaios que foram considerados mais importantes para avaliar este critério. A análise dos resultados do ensaio de teor de voláteis baseou-se na porcentagem de emissão de massa de cada amostra de tinta. A avaliação da composição da massa emitida foi fundamentada na revisão da literatura e na pesquisa documental realizada no estudo.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE

A tese está estruturada em cinco capítulos, em que o capítulo 1 apresenta a “Introdução”, na qual é realizada a contextualização do tema; a descrição do problema de pesquisa; a apresentação dos objetivos (geral e específicos); a aderência ao programa do PPSIG; a delimitação da pesquisa; e, por fim, com a presente seção, que sumariza a organização da tese.

O capítulo 2 diz respeito à “Revisão Bibliográfica” serão apresentados os principais conceitos associados a tintas imobiliárias e sustentabilidade.

No capítulo 3, será apresentada a metodologia da pesquisa, descrevendo-se os meios e estratégias utilizados para obtenção dos resultados nas quatro etapas da investigação (bibliométrica, documental, levantamento e experimental), a saber: a metodologia aplicada para a realização do estudo de parâmetros de sustentabilidade em tintas imobiliárias, os instrumentos de pesquisa utilizados no estudo, o critério de seleção das amostras, o critério de seleção dos especialistas, a forma como os dados foram coletados e a descrição dos critérios e métodos utilizados para avaliação dos dados obtidos, a partir da realização das quatro etapas da investigação.

No capítulo 4 serão apresentadas as discussões e os resultados alcançados a partir da realização das quatro etapas da investigação.

No capítulo 5, por fim, serão apresentadas as conclusões e sugestões para a realização de estudos futuros.

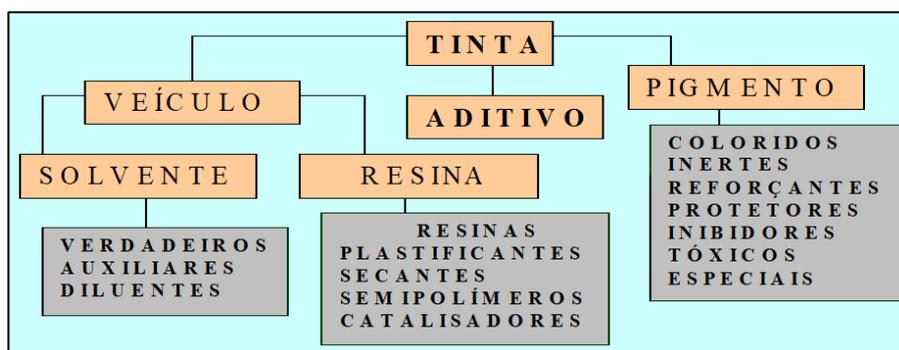
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para auxiliar a compreensão do tema abordado, este capítulo apresenta os conceitos teóricos importantes para a pesquisa. Sendo o resultado do levantamento bibliográfico através das bases Scopus, Web of Science e Google Acadêmico, além de literaturas e materiais relevantes sobre o tema segundo especialistas da área.

### 2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS RELATIVOS ÀS TINTAS IMOBILIÁRIAS

Conforme mostra a Figura 2.1 as tintas imobiliárias podem ser definidas como produtos compostos de veículo, pigmentos, aditivos e solventes que, quando aplicados sobre um substrato, se convertem em uma película sólida, dada a evaporação do solvente e/ou por reação química, com a finalidade de decoração, proteção e outras utilizações (ABNT NBR 12554:2013). As matérias primas básicas que compõem as tintas e suas funções são:

Figura 2.1 – Constituição básica de uma tinta



Fonte: o autor

#### **Resinas:**

- Tem a função de atribuir tempo e forma de secagem, resistência ao intemperismo, aderência e brilho. Neste sentido, é a substância que mais exerce influência sobre a formação da película e sobre a coesão dos pigmentos à fração volátil da tinta. As resinas podem ser orgânicas convertíveis, orgânicas não convertíveis e inorgânicas.
- As resinas orgânicas convertíveis podem ser definidas como substâncias com propriedades capazes de formar uma película seca sobre o substrato através da evaporação do solvente. Exemplos: resinas acrílicas, polivinílicas, borracha cloradas etc.

- As resinas orgânicas são constituídas por substâncias que podem formar uma película seca sobre o substrato através de reações químicas por oxidação, polimerização, radiação ultravioleta, termo fusão, etc. São exemplos: epóxis, poliuretanas, epóxi-fenólicas, etc.
- As resinas inorgânicas formam uma película seca sobre o substrato por ação química. Como exemplo pode ser citado a tinta à base de silicato de zinco (NASCIMENTO, 2013; LAERCE, 2007; GENTIL, 2011).

**Solvente:**

- São responsáveis pelo aspecto líquido da tinta. Por serem compostos voláteis, os solventes evaporam de forma gradativa a partir da aplicação da tinta e exposição ao ar, formando uma película seca e estável sobre a superfície. As resinas são solubilizadas pelos solventes, que por sua vez também possuem como função a conferência de viscosidade, permitindo uma fácil aplicação do produto e cobertura da superfície. Os solventes verdadeiros são aqueles que se dissolvem ou são miscíveis em quaisquer proporções em relação à determinada resina. Os solventes auxiliares são utilizados para potencializar os efeitos dos solventes verdadeiros, quando estes não são capazes de solubilizar a resina totalmente, enquanto os diluentes são utilizados para ajustar as características da tinta, tais como: viscosidade, secagem, etc., (NASCIMENTO, 2013; LAERCE, 2007; GENTIL, 2011).

**Pigmentos:**

- Estes constituintes sólidos, de forma geral, possuem como finalidade a conferência de opacidade, cor e poder de cobertura ao produto. Estão dispersos homogeneamente em partículas sólidas finamente divididas e insolúveis ao meio (NASCIMENTO, 2013). Os pigmentos orgânicos ou inorgânicos podem ser classificados em corantes, opacos, reforçantes, carga, tóxicos, etc. Os pigmentos podem propiciar dureza, consistência e outras propriedades físicas a película aplicada sobre o substrato (FAZENDA, 2009).

**Aditivos:**

- São compostos químicos adicionados na formulação visando conferir propriedades a tinta e a película final aplicada ao substrato. Os principais aditivos são antipele, nivelantes, antiespumantes, etc. (LAERCE, 2007; GENTIL, 2011).

Segundo Nunes e Lobo (2007) as tintas, em geral, com base nos veículos (resinas) podem ser classificadas em três grupos: tintas convencionais, tintas seminobres e tintas e nobres.

**Tintas Convencionais:**

- Tintas a óleo: as tintas formuladas a base de óleos secativos são caracterizadas por terem moléculas não-saturadas e secam em contato com o ar e evaporação do solvente. Os principais os óleos utilizados nas formulações são óleos de linhaça, óleos de soja e óleos de oiticica (NUNES E LOBO, 2007).
- Tintas de resinas alquídicas modificadas com óleo: são as formulações onde as resinas alquídicas são modificadas pela adição de óleos vegetais (óleos secativos) e solventes. A secagem é feita por evaporação de solventes e oxidação em contato com o ar (NUNES E LOBO, 2007).

**Tintas seminobres:**

- Tintas acrílicas: essas tintas são formuladas a base de resinas acrílicas e o mecanismo de secagem é pela evaporação de solventes. São excelentes na proteção de ambientes principalmente contra raios ultravioletas.
- Tintas de borracha clorada: são formuladas a base de resinas obtidas pela cloração de borracha natural, sendo solúveis em hidrocarbonetos aromáticos, cetonas, e solventes clorados. O mecanismo de secagem se dá pela evaporação do solvente (NUNES E LOBO, 2007; GENTIL, 2011).

**Tintas nobres:**

- Tintas epóxi: as resinas epóxi são obtidas pela reação entre a epicloriglucina e o bisfenol. São consideradas tintas de dois componentes, ou seja, a resina epóxi e o catalisador também chamado de agente de cura ou agente endurecedor. A secagem desta tinta ocorre por meio da reação direta entre os dois componentes.
- Resinas poliuretanas: essas resinas são obtidas pela reação entre os compostos poli-hidroxiolatos com produtos a base de poli-isocianatos. Também são consideradas tintas de dois componentes, pois a resina necessita de um agente de cura (NUNES E LOBO, 2007; GENTIL, 2011).

A seguir, outros pesquisadores expressam suas opiniões e afirmações. Na visão de Simmons (2011) as tintas na construção civil estão suportadas na proteção ao desgaste do substrato (concreto, aço, madeira, etc.) e na estética do projeto arquitetônico, entretanto, informa, ainda, que as tintas usadas em hospitais e centros de saúde podem agregar outras finalidades, tais como, a higienização dos ambientes.

Por outro prisma, Dornelles e Roriz (2007) afirmam que as tintas imobiliárias no ambiente externo podem desempenhar uma solução construtiva na absorção solar e consequentemente atuar na confortabilidade térmica.

Segundo Barbosa (2014) nas fases de produção e após a aplicação da tinta pode ocorrer o aumento da proliferação de fungos e as bactérias presentes, provocando a deterioração das mesmas e prejuízos ao fabricante e consumidores.

Na ótica de Faria e Schmid (2015) as tintas imobiliárias naturais constituídas de pigmentos, aglutinantes e solventes que não possuem substâncias químicas nocivas à saúde e ao meio ambiente são soluções para a sustentabilidade das edificações prediais. Entretanto, a durabilidade das tintas naturais é algo que compromete seu uso, quando comparadas às tintas industrializadas.

Outro ponto importante destacado na avaliação pode ser analisado na pesquisa desenvolvida por Patiño Guio (2013), onde por meio de ensaios laboratoriais identificou mais de 60 compostos orgânicos voláteis, sendo a maior parte destes produtos causadores de irritação respiratória, entretanto, 5 destes compostos podem gerar câncer. Além disso, destaca que os pintores são os mais afetados pela constituição dessas tintas.

Cunha (2012) conclui que as tintas precisam, continuamente, serem avaliadas e ao mesmo tempo é importante a formação da concretização nas rotinas das obras, considerando que os índices de compostos orgânicos voláteis e adições de metais tóxicos nas tintas podem comprometer seu uso e a sustentabilidade ambiental. Oliveira *et al.* (2022) atestam que os fungos filamentosos são capazes de se instalar e crescer nas tintas, tanto no estado líquido, quanto no estado sólido, após sua aplicação ao substrato.

## 2.2 PRINCIPAIS ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TINTAS IMOBILIÁRIAS

Segundo Nunes e Lobo (2007) a formulação de uma tinta consiste em definir as proporções adequadas e pertinentes dos componentes (resina, solvente, pigmentos e aditivos), de modo, que as características e as propriedades sejam plenamente atendidas.

Dessa forma, é importante avaliar alguns ensaios que visam determinar as propriedades das tintas e da película seca sobre um substrato. Os principais ensaios são apresentados, a seguir:

### 2.2.1 Determinação do volume de pigmentos/volume de tinta-PVC (Pigment Volume Content)

Segundo Nunes e Lobo (2007) e Uemoto *et al.* (2001) é importante observar nas formulações das tintas a influência do teor de pigmentos nas características finais da tinta aplicada. As tintas com baixo teor de pigmentos possuem elevado teor de resina, portanto são mais brilhantes, entretanto, com alto teor de pigmento são mais foscas.

A Tabela 2.1, a seguir, apresenta alguns resultados de teores de pigmentos encontrados em vários tipos de tintas.

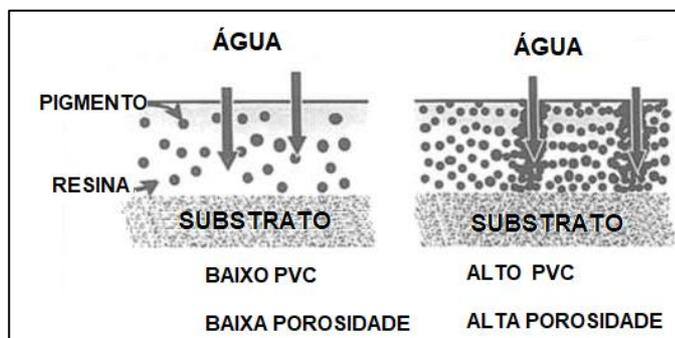
Tabela 2.1 – Teores de pigmentos em diversos tipos de tintas

Tipo de tintas	Teor de pigmentos, %
Tintas simples	50 - 75
Tintas para exterior	28 - 36
Tintas semibrilhantes	35 - 45
Tintas brilhantes	25 - 35
Primer para metais	25 - 40
Primer para madeiras	35 - 40

Fonte: o autor

Ainda, de acordo com Uemoto *et al.* (2001), também deve ser observado na película de tinta aplicada a porosidade em relação à penetração por moléculas d'água ou íons salinos como mostra a relação da porosidade em relação ao teor de pigmentos. Ou seja, o baixo teor de pigmentos significa baixa porosidade da tinta, enquanto o alto teor de pigmentos significa alta porosidade conforme mostra o esquema da Figura 2.2.

Figura 2.2 – Esquema do valor de PVC em relação à porosidade de uma película de tinta



Fonte: Uemoto *et al.* (2001), modificado

O PVC (Pigment Volume Content), reportado em % (em volume) pode ser usado para avaliar o desempenho de uma tinta quanto ao brilho ou a porosidade do filme aplicado sobre um substrato. Os valores de PVC podem ser determinados com base na fórmula apresentada a seguir.

$$\text{PVC (Pigment Volume Content), \%} = \frac{V_p}{V_t} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

PVC= Pigment Volume Content, concentração do pigmento em volume, dado em %;

$V_p$  = volume de pigmento, mL;

$V_t$  = volume da tinta (volume da resina + volume de pigmento), mL.

Gentil (2011) atesta que o teor de sólidos por volume é uma ferramenta importante para se calcular o rendimento teórico da tinta e também uma avaliação econômica da tinta com base na seguinte equação:

$$S_v, \% = \frac{V_p + V_{sf} + V_a}{V_p + V_{sf} + V_a + V_s} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$S_v$  % = teor de sólidos por volume;

$V_p$  = volume de pigmento;

$V_{sf}$  = volume de veículo fixo;

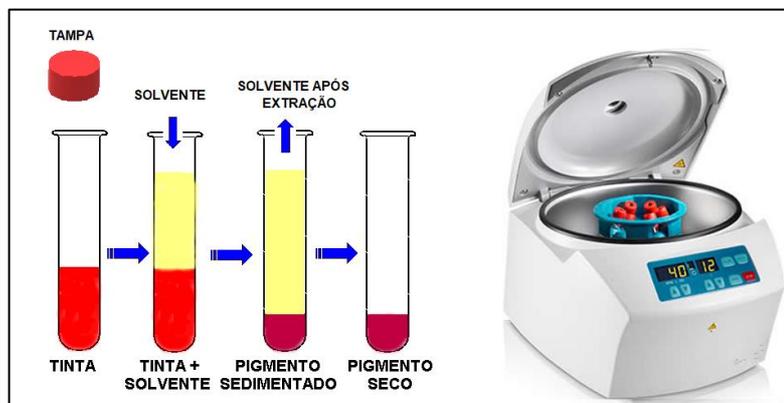
$V_a$  = volume de aditivos;

$V_s$  = volume de solventes e de aditivos de outros constituintes voláteis.

A determinação do teor de pigmentos pode ser explicada com base na Figura 2.3 onde 5 mL da tinta a ser avaliada é colocada no tubo aferido com marcas volumétricas e logo a seguir são acrescentados cerca de 5 mL do solvente específico. O tubo é fechado com a tampa e colocado na centrífuga por 5 minutos. Após esse tempo, o tubo é retirado da centrífuga e procede-se a remoção de 4 mL do solvente (extração da resina). Em seguida, novamente são adicionados mais 4 mL do solvente específico e o tubo é colocado na centrífuga por 5 minutos. As operações feitas com o tubo são repetidas por cerca de quatro vezes até o solvente indicar que não tem mais resina para ser extraída, só restando o volume de pigmento. Finalmente,

considerando que o tubo é aferido, volumetricamente, determina-se o volume de pigmento depositado no fundo do tubo.

Figura 2.3 - Determinação da massa de pigmento por volume de tinta



Fonte: o autor

Também é possível determinar a massa de pigmento colocando o tubo previamente pesado na estufa a 110°C por cerca de 1 hora e pesar por diferença a massa de pigmento.

### 2.2.2 Determinação de não-voláteis em massa (Sólidos por massa)

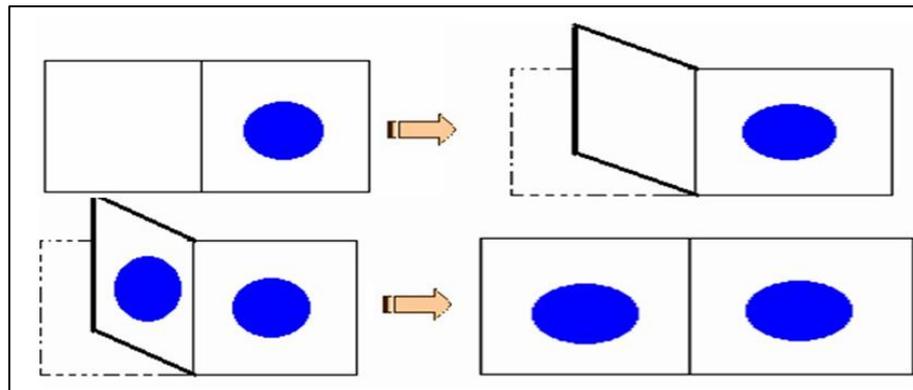
Este ensaio visa determinar a massa não-volátil da tinta (%), a parte que permanece após a volatilização, principalmente do solvente e/ou aditivos voláteis. A parte não-volátil é constituída de resina, pigmentos e aditivos não voláteis. Consiste em tomar certa massa de tinta e colocá-la a secar no ar ou estufa. Decorrido o tempo fixado volta a ser pesada (NUNES E LOBO, 2007; GENTIL, 2011).

O método da folha de alumínio conforme mostra a Figura 2.4, consiste, essencialmente, em utilizar uma folha de alumínio nas dimensões de 15 cm x 15 cm previamente pesada. Em seguida dobra-se ao meio e aplica-se a tinta e comprime-se com duas placas de vidro. Abre-se a folha de alumínio e coloca-se na estufa para secar (105 ou 120°C) no tempo determinado:

- alquídicas – 30 min
- epoxídicas, fenólicas, melamínicas – 2 h

$$\text{Massa não - volátil, \%} = \frac{\text{massa residual final}}{\text{massa de tinta}} \times 100 \quad (3)$$

Figura 2.4 – Determinação da massa residual da tinta por massa de tinta



Fonte: o autor

### 2.2.3 Determinação da viscosidade

A determinação da viscosidade é realizada utilizando um copo Ford, que está disponível em conjuntos de tamanhos diferentes, especificados pela ISO 2431 (Figura 2.5). Pelo copo se faz escoar um determinado volume de tinta através de um orifício calibrado. Através de um cronômetro, o tempo de escoamento é medido desde o instante que a tinta começa a fluir até que o fluxo se interromper. A viscosidade é determinada em segundos. Os valores normais vão de 20 até 100 segundos, acima ou abaixo destes valores, usa-se a determinação da consistência (NUNES E LOBO, 2007; GENTIL, 2011).

Figura 2.5 – Viscosímetro Ford



Fonte: autor

### 2.2.4 Determinação da estabilidade/sedimentação

O ensaio consiste em determinar a viscosidade da tinta, submetê-la ao calor de uma estufa a 60°C, em lata hermeticamente fechada, e determinar a viscosidade após o resfriamento. Este ensaio visa determinar a possível instabilidade observada na tinta quando a mesma fica armazenada em condições de temperatura altas que pode resultar em sedimentação e consequentemente na mudança da viscosidade observada em condições normais (NUNES E LOBO, 2007; GENTIL, 2011).

### 2.2.5 Determinação da consistência

Este ensaio visa à determinação do grau de dificuldade de uma haste com uma determinada lâmina, conforme mostra a Figura 2.6, em girar no interior de um frasco contendo uma tinta. Essa propriedade das tintas pode ser considerada para um viscosímetro para altas viscosidades, sendo então chamado normalmente de Viscosímetro Stormer e a unidade de consistência são as unidades Krebs (ELEY, 2019; QURESHI e AHMED, 2021)

A Norma ABNT NBR 12105: 2022 é recomendada para avaliação da consistência de tintas para usos na construção civil

Figura 2.6 – Viscosímetro Stormer para medidas de consistências e/ou altas viscosidades



Fonte: autor

### 2.2.6 Determinação da massa específica

A determinação da massa específica ( $\rho$ ) em  $\text{g/cm}^3$ , de uma tinta consiste, essencialmente, nos seguintes procedimentos:

Primeiramente, determina-se a massa do picnômetro vazio, em grama, apresentado na Figura 2.7 e, em seguida, adiciona-se o volume indicado no picnômetro vazio. A massa específica é determinada pela diferença entre a diferença de massa e o volume em  $\text{cm}^3$ .

Figura 2.7 Picnômetro vazio



Fonte: autor

### 2.2.7 Tempo de secagem

Os tempos de secagem considerados são:

- Secagem ao toque: é o tempo necessário para que a tinta esteja suficientemente seca para não aderir à pele quando tocada com a ponta do dedo.
- Secagem à pressão: é o tempo necessário de secagem da tinta aplicada, de tal forma, que a peça ou o equipamento possa ser transportado sem causar danos à pintura.
- Secagem para repintura: é o tempo necessário à secagem, de modo a que se possam aplicar demãos subsequentes. Esse tempo é sempre um mínimo, com as tintas polimerizáveis que têm um mínimo e um máximo, ou seja, um intervalo de repintura. O mínimo para permitir a aplicação da demão subsequente sem prejudicar a anterior (NUNES E LOBO, 2007; ASTM D 1640, 2017).

### 2.2.8 Ponto de Fulgor de tintas (Flash point)

A determinação do ponto de fulgor é importante em função da inflamabilidade da maioria dos solventes utilizados nas formulações das tintas. Tal característica é fundamental em função da estocagem e aplicação em ambientes pouco ventilados. O método consiste, essencialmente, em colocar um volume de tinta no recipiente testador apresentado na Figura 2.8, em seguida, aquecer a tinta numa taxa constante associada à passagem da chama piloto sobre os vapores da amostra aquecida com base na norma ASTM D 56. A amostra é considerada incandescente quando uma grande chama aparece e instantaneamente se espalha por toda a superfície da amostra de teste.

Figura 2.8 Vista do equipamento para avaliar o ponto de fulgor



Fonte: autor

### 2.2.9 Determinação da espessura da tinta aplicada sobre um substrato

Consiste, essencialmente, em determinar a espessura da camada de tinta em  $\mu\text{m}$  utilizando equipamentos padronizados, geralmente, portáteis com base na norma ABNTNBR1043 (2008). A Figura 2.9 apresenta alguns tipos de medidores de espessura portáteis para tintas aplicadas em substratos.

Figura 2.9 Equipamentos para medidas de espessura em tintas

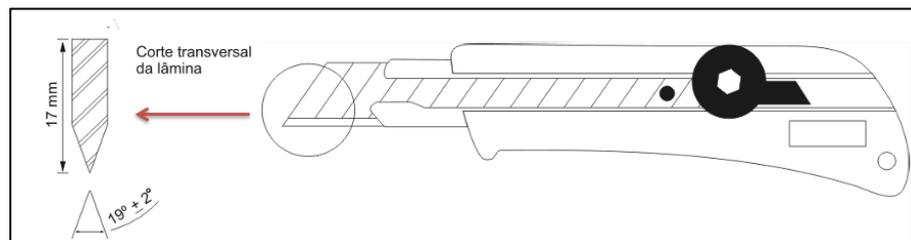


Fonte: autor com modificações

### 2.2.10 Determinação da aderência de uma tinta aplicada sobre um substrato

A determinação da aderência com base na ABNT NBR 11003:2009 pode ser realizada utilizando o método A (corte em X) e pelo método B (corte em grade) utiliza um dispositivo de corte dotado de uma lâmina de aço, com aproximadamente 17 mm de largura e ângulo de corte de  $19^\circ \pm 2^\circ$  conforme apresentado na Figura 2.10.

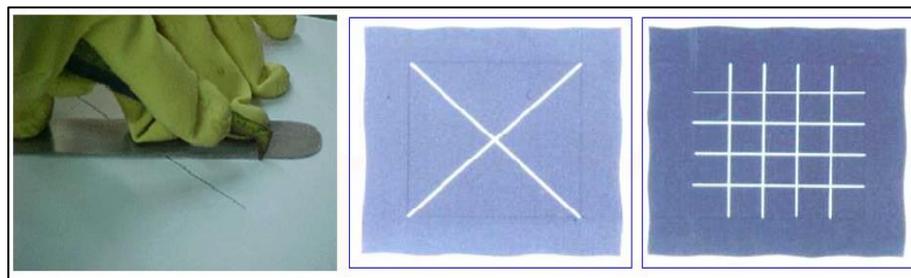
Figura 2.10 Dispositivo de corte para determinação da espessura



Fonte: ABNT NBR 11003:2009, com modificações

Os cortes em X ou em grade são apresentados, a seguir, na Figura 2.11. Uma fita adesiva deve ser colocada sobre o revestimento aplicado. O ensaio deve ser efetuado depois de decorrido o tempo mínimo de secagem para repintura de cada demão. Sempre que possível, deve ser realizado em corpos-de-prova (réplicas) representativos da superfície que está sendo revestida.

Figura 2.11 – Cortes padronizados feitos nas tintas aplicadas



Fonte: autor

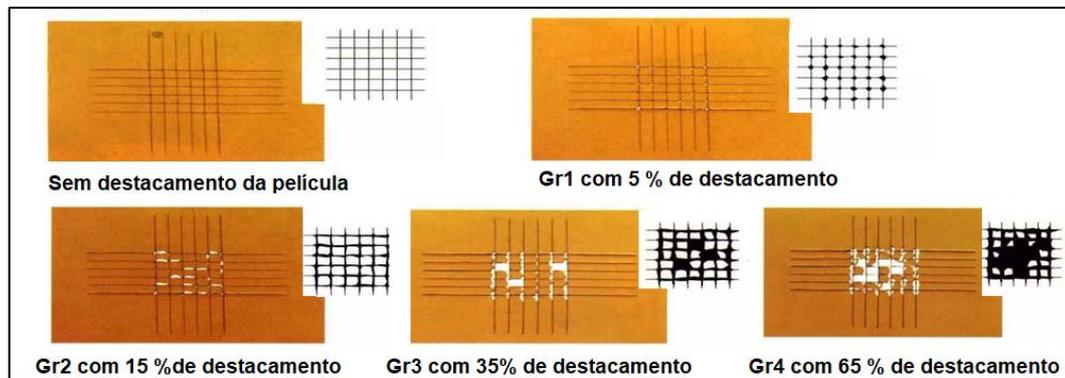
A Figura 2.12 apresenta os cortes e a evolução do processo corrosivo, enquanto a Figura 2.13 apresenta um padrão de destacamento ABNT da tinta com fita adesiva para o método B.

Figura 2.12 Cortes na forma de X em amostras de tintas aplicadas



Fonte: autor

Figura 2.13 – Padrões ABNT de destacamento da tinta para o método B

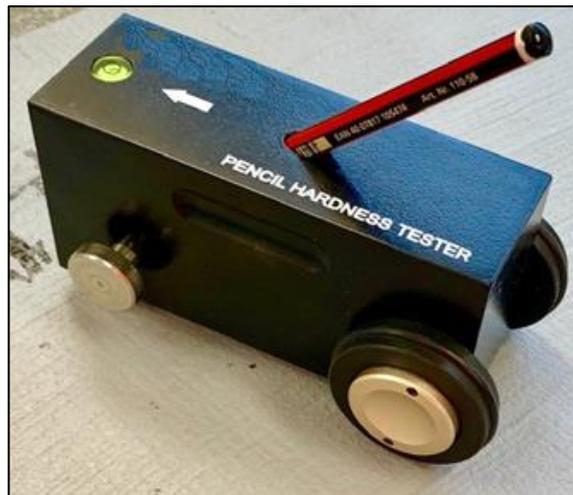


Fonte: autor com modificações

### 2.2.11 Determinação da dureza de tintas aplicadas em substrato

O teste da dureza com lápis padronizados, também conhecido pelo método Wolff-Wilborn, consiste em usar lápis padronizado de grafite para determinar os diferentes graus de dureza conforme apresenta, a seguir, a Figura 2.14. Um lápis é arrastado pela superfície para avaliar a dureza ou resistência do revestimento a escoriações e arranhões. O lápis mais macio que pode arranhar a superfície determina a dureza do revestimento (NUNES E LOBO, 2007; SILVA *et al.*, 2018; KIONG *et al.* 2014).

Figura 2.14 Dispositivo para determinar dureza de uma tinta



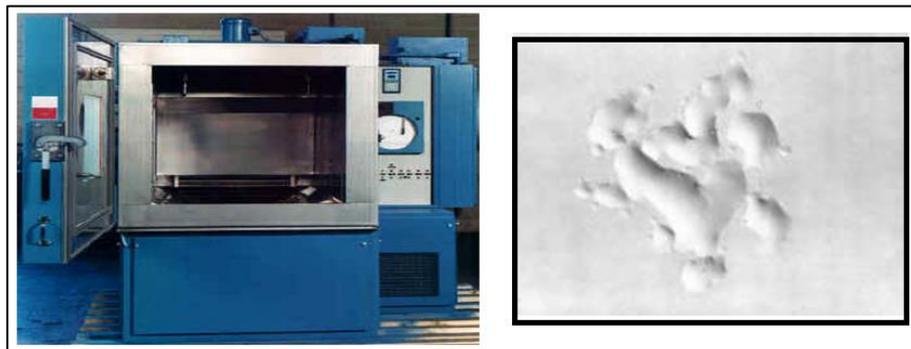
Fonte: autor com modificações

Revestimentos duros geralmente proporcionam maior resistência a arranhões e abrasão, enquanto revestimentos mais macios podem ser propensos a falhas prematuras. Os fabricantes contam com testes de dureza para determinar as qualidades de seus revestimentos que ajudam a determinar seus melhores usos. A realização deste teste é essencial para garantir que a dureza do revestimento seja apropriada para a aplicação desejada.

### 2.2.12 Avaliação do comportamento da tinta em ambientes com umidade 100%

Este tem como objetivo avaliar o comportamento das películas de tintas em câmaras de umidade controlada a 50°C e umidade total. A Figura 2.15 apresenta a câmara e um corpo de prova revestida com tintas sujeitas a essas condições adversas com base na norma ABNT NBR 8095:2015

Figura 2.15 Câmara de ensaios com umidade total



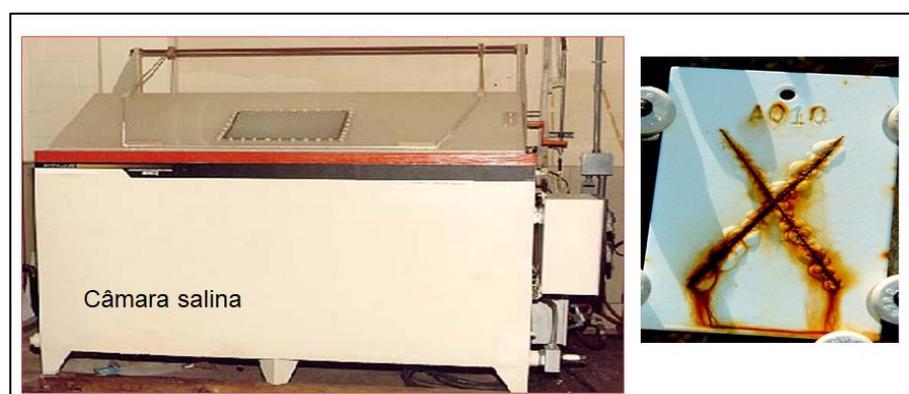
Fonte: autor com modificações

### 2.2.13 Avaliação da tinta em câmara de névoa salina

Este ensaio avalia e compara o comportamento das tintas em ambientes de alta salinidade com base na norma ABNT NBR 17088, 2023.

A câmara de névoa salina é um conjunto de equipamentos e dispositivos utilizados (Figura 2.16) para a realização de ensaios acelerados de corrosão por exposição à atmosfera de névoa de solução salina. As condições que os corpos de prova revestidos estão sujeitos são: a uma névoa com um fluxo constante (1 a 2 mL/h) de uma solução de 50 g/L de cloreto de sódio, a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$ , e pH na faixa de 6,5 – 7,2 .

Figura 2.16 – Câmara de névoa salina e corpo de prova removido das condições de ensaio



Fonte: autor com modificações

## 2.3 PROCESSO PRODUTIVO DAS TINTAS IMOBILIÁRIAS

A produção das tintas pode ser feita à base de solventes orgânicos ou à base de água. A finalidade da tinta determina as dosagens e outras características de seus constituintes. O fluxograma produtivo das tintas imobiliárias à base de água é descrito a seguir:

- **Separação e pesagem de matérias-primas:** triagem das matérias primas e determinação de massa de cada componente, seguindo a formulação determinada para o produto.
- **Pré-mistura e dispersão:** no equipamento denominado de tanque de agitação são misturadas as matérias primas água, pigmentos (incluindo cargas) e aditivos, em velocidade de agitação determinada previamente, de acordo com a formulação do produto. A dispersão dos pigmentos também ocorre neste momento, que consiste na sua distribuição uniforme ao longo de todo o produto.

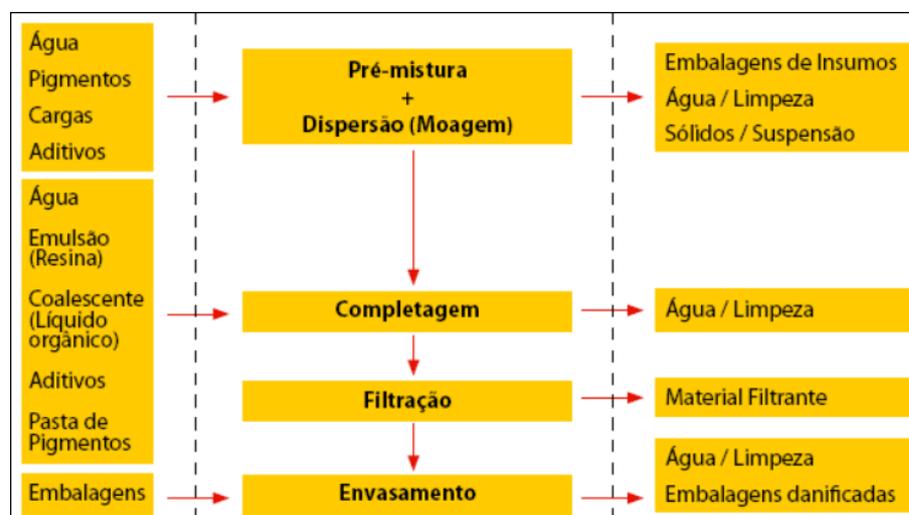
- **Completagem:** um tanque agitador é utilizado para realizar possíveis ajustes de cor, composição, viscosidade entre outros parâmetros que estejam em desacordo com a formulação do produto.
- **Filtração e envase:** esta etapa é dividida em duas subetapas que são realizadas em sequência: na primeira a tinta é filtrada, evitando que partículas maiores que passaram pelo processo de dispersão, sejam removidas. Na segunda, o produto é envasado, protegendo-o de agentes nocivos que poderiam comprometer a sua qualidade (NASCIMENTO, 2013).

O fluxograma das etapas do processo de produção de tintas imobiliárias à base de água e os pontos de geração de resíduos são apresentados na Figura 2.17. O termo “Água/Limpeza” sinaliza os pontos de geração de resíduos, que são decorrentes do processo de limpeza dos equipamentos utilizados no processo de fabricação das tintas.

O processo produtivo das tintas à base de solventes orgânicos é análogo ao das tintas à base de água, diferenciando apenas na etapa de dispersão, já que o equipamento utilizado nesta etapa é diferente do utilizado na etapa de pré-mistura (FAZENDA, 2009; NASCIMENTO, 2013). O fluxograma do processo produtivo das tintas à base de solventes orgânicos e seus pontos de geração de efluentes são apresentados na Figura 2.18.

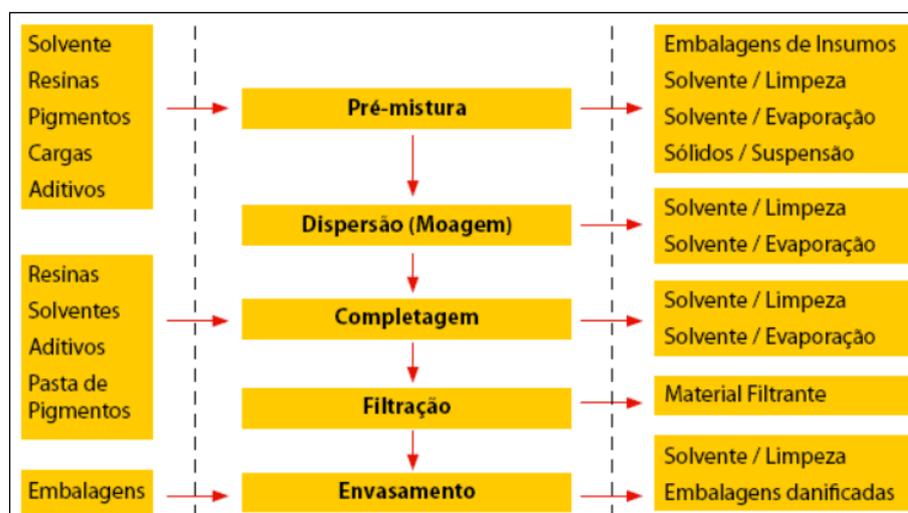
Medidas como consumo de tintas à base de água, aumento do teor de sólidos e o desenvolvimento de tintas em pó, recebem o apoio de comunidades e entidades civis a fim de diminuir o consumo de tintas à base de solventes orgânicos (SANTANA *et al.*, 2020).

Figura 2.17 - Processo produtivo de tintas à base de água



Fonte: CETESB (2008)

Figura 2.18 - Processo produtivo de tintas à base de solventes orgânicos



Fonte: CETESB (2008)

O grande volume de efluentes gerado no processo produtivo das tintas imobiliárias necessita de tratamento específico devido à complexidade dos resíduos gerados, que apresentam alta concentração de matéria orgânica, sólidos em suspensão, e alto valores de pigmentos coloridos e produtos perigosos como solventes orgânicos e, em alguns casos, metais pesados (SANTANA *et al.*, 2020).

## 2.4 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS ÀS TINTAS

### 2.4.1 Contaminação da água por efluentes industriais

Ao final da produção de cada lote de tinta que é fabricado, são gerados efluentes industriais provenientes da lavagem dos tanques de mistura, considerando um processo industrial que envolve mistura simples (PEDROSA, 2019).

Os efluentes que caracterizam as indústrias químicas produtoras das tintas imobiliárias possuem altos níveis de cor e turbidez, forte odor, elevada condutividade elétrica e toxicidade, sendo esta última devido à presença de solventes, bactericidas e conservantes (VERMA; DASH; BHUNIA, 2012).

As plantas industriais que produzem as bases, matérias primas sólidas utilizadas na composição das tintas, são caracterizadas pela geração de efluentes particularmente conhecidos pela elevada toxicidade e altos níveis de carga orgânica (GIORDANO, 2012).

]

Substâncias utilizadas no tratamento dos efluentes industriais também podem gerar resíduos nos efluentes tratados, como é o caso dos coagulantes químicos à base de alumínio. Quando encontrado em concentrações superiores à 200 µg/L, este contaminante pode contribuir para o desenvolvimento da doença de Alzheimer (TEH et al., 2016; SANTANA *et al.*, 2020).

Monitorar parâmetros que caracterizam a qualidade do efluente gerado é imprescindível, para direcionar sua correta destinação. Os principais parâmetros de monitoramento de efluentes industriais, em especial aqueles característicos das indústrias de tinta, são:

- **Turbidez:** este parâmetro está associado à transparência. Quanto maior concentração de partículas sólidas suspensas, menos translúcido é o efluente. (IBRAHIN, F.I. D., IBRAHIN, F. J., & CANTUÁRIA, 2015).
- **Cor:** a presença de pigmentos orgânicos ou inorgânicos dissolvidos no efluente caracteriza este parâmetro. (NASCIMENTO, 2013)
- **Carbono Orgânico Total (COT):** é um parâmetro relacionado aos compostos orgânicos presentes no efluente. Engloba tanto asmatérias orgânicas biodegradáveis quanto não biodegradáveis. (NASCIMENTO, 2013).
- **pH:** Indica a concentração de íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>) presentes no meio. É um dos parâmetros mais importantes no monitoramento do processo de tratamento físico-químico de efluentes. (SANTANA *et al.*, 2020).
- **Demanda química de oxigênio (DQO):** Representa a demanda por oxigênio para estabilização de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no efluente. (NASCIMENTO, 2013).
- **Condutividade elétrica:** esse critério está associado à presença de sais presentes na amostra. Quanto maior a presença desses sais, maior a condutividade elétrica. (IBRAHIN, F.I. D., IBRAHIN, F. J., & CANTUÁRIA, 2015).

#### 2.4.2 Formação do smog fotoquímico

O termo *smog* tem sua origem nas palavras fumaça (*smoke*) e neblina (*fog*) e é utilizado para caracterizar uma mistura nociva de materiais particulados e gases presentes na atmosfera. Em localidades que possuem polos industriais e fábricas é facilmente identificado (CAI; WANG, 2017).

Os compostos nitrogenados ( $\text{NO}_x$ ) e os COVs, em reação com a radiação solar são os responsáveis pela formação do *smog* fotoquímico. O ozônio ( $\text{O}_3$ ) troposférico é um dos produtos resultantes deste processo de formação. A Eq.(4) demonstra de maneira simplificada o processo de formação do *smog* fotoquímico (LIU *et al.*,2022;WHO,2022).



Os dados brasileiros de letalidade decorrentes da inalação do *smog* fotoquímico são ínfimos, porém pesquisas mostram que 51 mil mortes anuais são causadas pela poluição atmosférica (SANT`ANA *et al.*,2021). Estudos desenvolvidos nos EUA, China e Índia, países com altos índices de poluição atmosférica, demonstraram que áreas mais contaminadas, poluídas por fenômenos como o *smog*, por exemplo, apresentaram maior taxa de letalidade, principalmente por doenças pulmonares e cardíacas (JAVED *et al.*,2021).

O ozônio ( $\text{O}_3$ ) troposférico produzido na reação de formação do *smog* fotoquímico, somado a outros compostos oxidantes fotoquímicos resultantes do processo são os causadores de doenças pulmonares, infecções respiratórias, câncer de pulmão, além de doenças isquêmicas do coração e doenças cerebrovasculares (SAKAI; SOGABE, 2019; WHO, 2022).

Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de avaliar os efeitos nocivos do ozônio troposférico à biosfera devida a sua elevada toxicidade. É importante salientar que o ozônio estratosférico (camada acima da troposfera) tem função de absorver as radiações ultravioletas (nocivas) emitidas pelo sol, protegendo a Terra. Desse modo, ozônio estratosférico é benéfico à saúde humana e ao meio ambiente, pois é responsável pela proteção da superfície da Terra, ao contrário do ozônio troposférico que é danoso a biota (LIU *et al.*,2022).

Um destes estudos foi realizado nas cidades de Camaçari, Lamarão do Passé e Dias D'Ávila, localidades próximas ao Pólo Industrial de Camaçari, na Bahia. As concentrações de  $\text{O}_3$  troposférico foram registradas e avaliadas, considerando as condições meteorológicas e de sazonalidade, que são as variáveis que exercem maior influência nas concentrações de ozônio na troposfera. Um pico de 51,21 ppb<sub>v</sub> foi registrado na estação de Lamarão, atingindo o limite exigido pela OMS de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (51 ppb<sub>v</sub>) (ALVES; SANTOS; COUTO, 2020).

## 2.5 PRINCIPAIS IMPACTOS À SAÚDE HUMANA ASSOCIADOS ÀS TINTAS

O conceito de qualidade do ar interior (QAI) se refere à qualidade do ar em ambientes construídos e tem por finalidade prezar pela saúde e conforto de seus usuários. Os efeitos nocivos à saúde dos habitantes destes espaços podem ser reduzidos a partir do monitoramento das emissões destes poluentes ambientais (EPA, 2022). As fontes destes poluidores são inúmeras e estão presentes nos produtos químicos mais comuns utilizados no dia-a-dia como, por exemplo, produtos de limpeza (NIEHS, 2022).

O problema da poluição do ar em ambientes internos é considerado uma preocupação global, pois a exposição a um ar poluído gera danos a saúde a curto e longo prazo, como problemas respiratórios, problemas cardiovasculares, deficiências cognitivas e até mesmo, câncer (NIEHS, 2022). A presença de COVs acima dos padrões e diretrizes da qualidade do ar interior é de grande preocupação para a saúde humana, visto que permanecemos mais de 90% do nosso tempo em ambientes confinados (FIGUEIREDO *et al.*,2021;SOUZA *et al.*,2021).

Três fontes são as principais responsáveis pela emissão de poluentes internos: atividades humanas, como limpeza, preparo de alimentos, fumar; gases provenientes de materiais de construção, equipamentos e móveis; e de contaminantes biológicos como, mofo e vírus (NIESH, 2022).

Outra classificação utilizada para os poluentes internos do ar os divide em dois grupos: sólidos e gasosos. Os poluentes sólidos são pequenas partículas de poeira e ou sujeira encontradas no ar. O grupo dos poluentes gasosos é integrado pelos COVs e ainda pelos gases monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido sulfúrico, entre outros (REINO UNIDO, 2021).

Os compostos orgânicos voláteis estão presentes em inúmeros produtos químicos, como nas produções farmacêuticas, combustíveis, produtos de limpeza, tintas e no processo de tratamento de água (EPA, 2022). Estes compostos são caracterizados por cadeias de carbono e pela participação nas reações fotoquímicas da atmosfera. Os compostos monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbonetos metálicos, carbonatos de amônio, entre outros, não integram o grupo dos COVs, pois as reações fotoquímicas destes compostos são desconsideradas (EPA, 2022).

A EPA (2022) indica as condições atmosféricas internas e de temperatura necessárias para a volatilização dos compostos orgânicos. As condições atmosféricas são descritas como sendo as encontradas por usuários de ambientes internos, como em moradias e locais de

trabalho. A faixa de temperatura é definida entre -1 e 32°C e a de pressão é descrita como ao nível do mar e em residências construídas em montanhas.

A presença dos COVs pode ser identificada tanto em ambientes internos, quanto em ambientes externos. Em ambientes externos, as principais fontes de emissão são resultado de processos industriais e utilização de materiais de construção. Os compostos orgânicos voláteis tolueno, xileno, etilenoglicol e o diclorometano são identificados com maior frequência em produtos utilizados no cotidiano (EPA, 2022).

O etilenoglicol é extensamente utilizado pela indústria de automóvel como anticongelante. Também pode ser encontrado em tintas, plásticos, cosméticos e fármacos. Se inalado em grandes quantidades, pode impactar o sistema neurológico central, causar vômitos, lentidão, falência respiratória, convulsões, distúrbios gastrointestinais, problemas renais e coma. Os sinais e sintomas relacionados com exposição crônica são cefaléia, dor nas costas e irritação ocular. Exposições a concentrações mais elevadas podem irritar o trato respiratório com sensação de queimação na garganta e traquéia, especialmente ao tossir (NIOSH, 2021; EPA, 2022).

O diclorometano, também conhecido como Cloreto de metileno é um líquido caracterizado por ser incolor não inflamável e altamente volátil. Largamente utilizado na indústria química como solvente, presente em tintas, fármacos, aerossóis, desengraxantes e componente de agrotóxicos. Os principais efeitos da inalação de longo prazo são: cefaléia, náusea, perda da memória e tontura. Estudos com animais de experimentação indicam que o diclorometano causa efeitos no fígado, rins, sistema nervoso central e cardiovascular (NIOSH, 2019; EPA, 2022). O diclorometano é um provável cancerígeno humano (Grupo 2A), com base no aumento da incidência de tumores em animais expostos por via inalatória (IARC, 2022).

O tolueno é caracterizado por ser um líquido com aroma adocicado. Utilizado amplamente como solvente, presente em tintas, esmaltes, solventes, entre outros (NIOSH, 2019). A inalação é a principal via de exposição ao tolueno e sua ação tóxica ocorre no sistema nervoso central (SNC). Os impactos da exposição a baixas concentrações do composto são: fadiga, sonolência, debilidade e náusea. Esses sinais e sintomas geralmente desaparecem quando cessa a exposição. A inalação por longo prazo pode irritar as vias aéreas superiores e olhos e causar dor de garganta, tontura e cefaleia. Em casos mais graves pode ocorrer diminuição auditiva e até surdez. Animais expostos ao composto apresentaram atraso no desenvolvimento do feto, anomalias no esqueleto, perda de peso e neurotoxicidade no desenvolvimento (NIOSH, 2019; EPA, 2022).

O xileno é usado como matéria prima na produção de plásticos, couro, tecidos e papéis, além de serem utilizados em lacas, detergentes, na composição da gasolina e solventes para tintas, revestimentos e adesivos, entre outros. A principal via de exposição humana ao xileno é a inalatória. O composto é irritante dos olhos, pele e mucosas. A inalação por curto prazo pode causar dispnéia, irritação dos olhos e garganta, vômito, desconforto gástrico, entre outros sintomas. Trabalhadores que inalaram misturas de xilenos por longos períodos apresentaram narcose, irritação do trato respiratório e edema pulmonar (NIOSH, 2019; EPA, 2022).

Um caso que demonstra com clareza o risco potencial dos COVs presentes em materiais de construção ocorreu em Santa Maria, Rio Grande do Sul, em 27 de janeiro de 2013, decorrente de um incêndio na Boate Kiss, ocasionou 242 óbitos, os quais foram relacionados, em sua maioria, à intoxicação combinada por monóxido de carbono e cianeto, devido à combustão de plásticos e outros materiais sintéticos utilizados no revestimento do ambiente. Um episódio semelhante a este já havia ocorrido na cidade de Perm, na Rússia em 2009. O incêndio na boate iniciou devido a uma exibição pirotécnica no palco e 156 pessoas foram a óbito. As causas de morte também foram relacionadas à intoxicação por cianeto e monóxido de carbono provenientes da queima de materiais do revestimento (FERREIRA, 2022).

A tragédia mais recente, que vitimou fatalmente 29 pessoas, foi o incêndio ocorrido em 18 de abril de 2023 no hospital de Changfeng, no distrito de Fengtai, na China. Investigações preliminares revelaram que o incêndio foi provocado por faíscas geradas durante a reforma e construção de uma área de internação do hospital. As faíscas inflamaram os elementos voláteis da tinta utilizada no local (CNN, 2023).

Huang *et al.* (2019) desenvolveram um estudo que identificou, quantificou e avaliou componentes voláteis tóxicos de 11 habitações localizadas em 4 distritos da China com altos índices de poluição durante o inverno. A pesquisa apontou 65 tipos de COVs diferentes e identificou os que apresentaram as maiores concentrações nos ambientes avaliados. São eles: acetona, formaldeído, naftaleno, diclorometano, acetaldeído, tolueno e metil butil cetona. Huang *et al.* (2019), concluem que 11,9% dos COVs identificados nos testes são provenientes das tintas imobiliárias.

A pesquisa desenvolvida por González-Martin *et al.* (2021) abordou a qualidade do ar interior, destacando os principais poluentes e os mecanismos de controle. Sete compostos foram identificados como sendo provenientes da emissão de tintas imobiliárias. São eles: tolueno, benzeno, xileno, etilbenzeno, formaldeído, tricloroetileno,  $\alpha$ -pineno. Os autores também salientam que a ocupação de casas deve ser evitada por algumas semanas após reformas e/ou

construção, pois as emissões de COV diminuem com o tempo, evitando a exposição em altas taxas.

Jung e Awad (2021) desenvolveram um estudo para quantificar e avaliar a qualidade do ar interior de residências recém construídas na cidade de Dubai, entre 2018 a 2020, com o objetivo de aferir se as amostras coletadas estão de acordo com as legislações vigentes para a qualidade interna do ar. Além de avaliar os índices de COVs, os autores também avaliaram as concentrações de dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio. As maiores concentrações de COVs foram identificadas em residências onde foram utilizadas tintas à base de látex.

Na sequência da pesquisa, os autores compararam as concentrações de COVs em residências que utilizaram tintas à base de óleo e tintas à base de água. Os resultados demonstraram que as tintas aquosas emitem 30% menos COVs do que as tintas à base de óleo. Os compostos identificados em maiores concentrações foram: xileno, tolueno e benzeno. Jung e Awad (2021) também realizaram testes para verificar o comportamento das emissões em temperaturas mais altas e mais baixas, utilizando como referencial a temperatura ambiente. Os resultados apontaram que em temperaturas mais altas, a emissão de COVs é maior. Na conclusão, os autores enfatizaram que as maiores emissões de COVs são provenientes de tintas imobiliárias, em especial as tintas à base de óleo.

Lin *et al.* (2022) analisaram 11 residências recém reformadas na cidade de Taiwan, na China, onde se coletaram amostras de ar em diferentes cômodos das residências para avaliar o impacto da emissão dos COVs na qualidade do ar, além de realizarem um comparativo entre as concentrações identificadas em ambientes fechados e ventilados naturalmente por janelas. Os resultados demonstraram que os ambientes confinados possuem concentrações maiores de COVs quando comparados aos ambientes ventilados. A concentração de formaldeído alcançou média de 136,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em ambientes ventilados contra 289,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em ambientes confinados. Os demais COVs alcançaram, em cômodos ventilados, 88,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  contra 220,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em cômodos fechados. Lin *et al.* (2022) apontaram o tolueno como o composto com maior concentração dentre os COVs identificados nas amostras utilizadas pela pesquisa.

Os autores também compararam os índices obtidos para as concentrações dos COVs com os limites estabelecidos pelas legislações de Taiwan e pela World Health Organization. Os dados demonstraram que os índices medidos nas amostras excedem os estipulados nestas regulamentações, principalmente o do composto tolueno, identificando como uma das principais fontes as tintas imobiliárias utilizadas nos processos de reforma das moradias.

A pesquisa desenvolvida por Mentese *et al.* (2020), propôs um estudo de longo prazo sobre a qualidade do ar interior, as fontes de poluentes, os sintomas da síndrome do edifício

doente (SED) e os indicadores de saúde respiratória, na Turquia. Os autores salientam que a SED consiste em um conjunto de doenças que se manifestam em usuários de ambientes construídos, que podem ser atribuídas a baixa qualidade do ar interior destes espaços.

Mentese *et al.* (2020) observaram que uma edificação pode ser classificada como “edifício doente” por diversos fatores como: umidade, ventilação insuficiente, luz, poluentes dentro e fora do ambiente, entre outros. Além disso, também apontam que usuários destes espaços podem apresentar sintomas como: irritações nos olhos, garganta e nariz, irritação na pele, problemas neurológicos, reações de hipersensibilidade não específicas, sensação de odores e cheiros.

O estudo conduzido por Mentese *et al.* (2020), analisou 121 casas em 3 diferentes cidades da Turquia, coletaram e compararam amostras externas e internas do ar, identificaram os fatores ambientais que colaboram para a ocorrência do SED e realizaram a investigação de sintomas apresentados por usuários. Os resultados apontaram índices elevados de benzeno nas moradias da cidade de Lapseki, que haviam sido pintadas há pouco tempo. Os moradores das edificações da cidade em questão relataram alguns sintomas, que se manifestaram. São eles: dificuldade de concentração, fadiga e sintomas similares a gripe.

Os autores enfatizam que os usuários de edificações com baixa qualidade do ar podem desenvolver inúmeras doenças, podendo sobrecarregar o sistema de saúde, ou então incrementar os gastos com fármacos e exames médicos.

Takaoka, Suzuki e Norbäck (2016) desenvolveram uma pesquisa que tinha como objetivo investigar a qualidade do ar interior em residências de estudantes do ensino fundamental de escolas localizadas na cidade de Hyogo, no Japão e sua possível relação com quadros de asma e outras alergias respiratórias apresentadas pelos estudantes. Neste trabalho, 1048 questionários foram respondidos pelos estudantes, abordando assuntos relativos às suas casas e saúde respiratória. Os resultados mostraram que 16,8% dos alunos apresentaram quadros de asma nos últimos 12 meses e que, 13,4% já haviam recebido diagnóstico de asmáticos após consulta médica. Além disso, 50% dos alunos relataram que são acometidos por quadros de falta de ar intensa, em diversos momentos durante o dia.

Outro dado importante foi que 7,8% dos alunos indicaram que suas casas haviam sido recém pintadas internamente nos últimos 12 meses o que, segundo os autores, evidencia razões para acreditar que os quadros de asma e alergia estão associados a essas pinturas internas, sendo estas, uma das principais causas detectadas pelos autores como influentes na saúde dos alunos participantes. Além deste fato, também estabeleceram associação entre os quadros de falta de ar durante o dia com alunos que viviam em residências pintadas recentemente.

A pesquisa liderada por Saraga *et al.* (2017) realizou uma revisão da literatura com a finalidade de estudar a qualidade do ar interior em casas e sua relação com a saúde de crianças residentes nestes ambientes. A asma foi classificada pelos autores, com base na bibliografia estudada, como sendo o principal problema de saúde apresentado por crianças e que este está associado, em inúmeros casos, à emissão de COVs. Os autores salientam inclusive que a concentração de COVs no ar nestes ambientes pesquisados, apresentava níveis acima dos padrões estabelecidos em legislações vigentes nos países onde os estudos foram conduzidos (Países da Europa, Ásia, nos EUA e na Austrália).

## 2.6 LEGISLAÇÕES SOBRE QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

Diversas instituições internacionais realizam inúmeras pesquisas que abordam a concentração de determinados COVs em ambientes internos.

A OMS, por exemplo, apresenta os valores limites de exposição para alguns COVs não cancerígenos e cancerígenos, presentes na composição das tintas imobiliárias. (WHO, 2010). A Tabela 2.2, a seguir, apresenta estes valores para cada composto orgânico volátil especificado.

Tabela 2.2 – Limites de exposição à COVs para substâncias cancerígenas e não cancerígenas

COVs NÃO CANCERÍGENOS			
Composto	Concentração ambiental média ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )	Concentração tolerável (CT) ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )	Tempo de exposição média
Xileno	1,0 - 100,0	4800	24 horas
		870	1 ano
Tolueno	5,0 - 150,0	260	1 semana
		1000	30 min
Estireno	1,0 - 20,0	260	1 semana
		70	30 min
Etilbenzeno	1,0 - 100,0	22.000	1 ano
Formaldeído	(1 - 20) 10 - 3	100	30 min
Acetona	0,5 - 125	N.P.	-
COVs CANCERÍGENOS			
Composto	Concentração ambiental média ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )	Concentração tolerável (CT) ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )	Classificação IARC (International Agency for Research on Cancer)
Benzeno	5,0 - 20	$(4,4 - 7,5) \cdot 10^{-6}$	1
Cloreto de vinila	0,1 - 10,1	$1,0 \cdot 10^{-4}$	1

Fonte: Adaptado de WHO (2010)

Outra instituição importante é a OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), que foi fundada em 1970 a partir da promulgação da Lei de Segurança e Saúde que tem por finalidade garantir condições de trabalho saudáveis e seguras para empregados, por meio da criação e aplicação de normas, além do fornecimento de treinamento necessário (OSHA, 2013a). Entretanto, a OSHA não especifica um padrão geral para a qualidade do ar interior. O órgão estabelece orientações com base nas principais reclamações inerentes a QAI (Qualidade do Ar Interior) em locais de trabalho, que comumente estão associadas com a temperatura, umidade, baixa taxa de renovação do ar e tabagismo. As normativas estabelecidas pela OSHA abordam as condições potencialmente nocivas, que podem levar a graves danos físicos ou até a morte (OSHA, 2011).

Os níveis de exposição máximos para COVs e outros poluentes do ar interior, considerando diversos segmentos do mercado de trabalho são apresentados pela OSHA, em parceria com a NIOSH (*National Institute for Occupation Safety and Health*) e com a EPA (*Environmental Protection Agency*). Se tratando dos COVs, por exemplo, a exposição ao benzeno nas indústrias em geral é recomendada a uma concentração limite média de 10 mg/L durante uma jornada de 8 horas de trabalho para semanas laborais de 40 h, sendo admissível como concentração máxima nessa jornada de 25mg/L. O pico máximo aceitável acima da concentração máxima estabelecida é de 50 mg/L, para um tempo de exposição de 10 minutos. Se tratando do tolueno os valores considerados são 41 vezes maiores que os estabelecidos para o benzeno, já que é considerado um composto menos tóxico. A concentração limite média é de 200 mg/L, podendo chegar a 300 mg/L em um turno de 8 horas e o pico máximo estabelecido acima da concentração máxima é de 500 mg/L por um período máximo de 10 minutos (OSHA, 2013b). A Tabela 2.3 apresenta os valores limites de COVs estabelecidos pela OSHA, considerando um tempo de exposição em média ponderada (TWA) de 8 horas para o setor de construção.

Tabela 2.3 – Concentração limite média de alguns COVs determinada pela OSHA na construção

Compostos	Concentração, mg/L, TWA(média ponderada)
Benzeno	10
Tolueno	200
Etilbenzeno	100
Xileno	100
Cumeno	50
1,2,3 -trimetilbenzeno	25
1,2,4 - trimetilbenzeno	25

Fonte: Adaptado de OSHA (2013c)

Em relação a legislações aplicadas no Brasil, existem algumas normas que estabelecem limites de exposição a determinados COVs presentes em tintas imobiliárias. Uma destas normas é a NR-15 (MTE, 1994): Atividades e Operações Insalubres que apresenta em seu anexo XI os limites de exposição dos trabalhadores para alguns COVs. É importante salientar que esses valores não são atualizados desde 1994, com exceção do valor atribuído ao benzeno.

O controle de emissão de COVs pelas tintas é abordado em outras leis vigentes no Brasil, porém sem apontar os limites de exposição. A Resolução 307 do CONAMA (2002) classifica como resíduos perigosos os materiais oriundos do processo de construção, tais como tintas, óleos, solventes, entre outros. Já a lei Quadro da Qualidade do Ar (decreto-lei. No. 276 de 23 de julho de 1999) menciona alguns contaminantes atmosféricos que devem ser considerados na avaliação da qualidade do ar ambiental: dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, partículas finas (tais como fumos negros), chumbo, ozônio, partículas em suspensão, benzeno, monóxido de carbono, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, cádmio, arsênico, mercúrio e níquel. Entretanto, existem poucas referências quanto à concentração recomendada de COVs totais. Na Tabela 2.4 são apresentados os valores limites de exposição para compostos contaminantes do ar, estabelecidos pela NR-15(1994).

Tabela 2.4 –Valores limites de exposição para compostos contaminantes do ar, estabelecidos pela NR-15(1994)

Compostos (COV)	Até 48 horas/semana	
	ppm (partes por milhão)	mg/m <sup>3</sup>
Acetona	780	1870
Benzeno	1	3,19
Acetato de butila	-	-
Etilbenzeno	78	340
Etilbenzeno	78	340
Formaldeído	1,6	2,3
Hexano	-----	-----
o-diclorobenzeno	39	235
Tolueno	78	290
Tolueno	78	290
Xileno	78	340

Fonte: Adaptado de NR-15 (1994)

## 2.7 QUÍMICA SUSTENTÁVEL

A indústria química possui um papel importante quanto ao alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos na Agenda 2030 pela Organização das

Nações Unidas (ONU), em 2015, devido a sua contribuição nos avanços relativos às áreas de agricultura, medicina, materiais, tecnologia da informação energia, meio ambiente, etc. Porém, é necessário que o setor estabeleça transformações profundas em suas abordagens, prioridades e práticas, para que possam ser desenvolvidos processos, produtos e mecanismos alinhados aos ODS (MATLIN *et al.*, 2015).

Os impactos positivos provenientes das inovações sustentáveis identificadas ao longo da cadeia de valor das indústrias químicas são incorporados e englobados no conceito de Química Sustentável. Este conceito representa um novo estágio de comprometimento socioambiental identificado no âmbito das indústrias químicas (PNUMA, 2019).

Diversas metodologias e práticas se consolidaram ao longo das décadas, contribuindo para o desenvolvimento da Química Sustentável. A evolução de iniciativas e programas relacionados à sustentabilidade na indústria química foi fundamental para consolidação do conceito de Química Sustentável. Entre os mais importantes, se destacam o programa Atuação Responsável criado pela *Canadian Chemical Producers Association* (CCPA) em 1984, e o programa Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição, criado pela *Environmental Protection Agency* (US.EPA) em 1991, dando origem, mais a frente, ao conceito Química Sustentável (ALMEIDA, 2012).

A Química Verde, ou Sustentável, consiste no planejamento de produtos e processos químicos a partir de um conjunto de princípios que objetivam mitigar ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas à saúde humana e ao ambiente. Este conceito é uma ferramenta importante para oportunizar o desenvolvimento sustentável não só no âmbito da química, mas em toda a sociedade, assumindo monta para o cumprimento dos 17 ODS (PNUMA, 2019).

Estratégias como produção mais limpa (P+L), prevenção na fonte, inovação verde e tecnologias limpas estão associadas ao conceito da Química Verde. Neste contexto, o desenvolvimento de catalisadores, a eliminação ou substituição de solventes, a utilização de matérias-primas renováveis e o desenvolvimento de compostos seguros são alguns exemplos de práticas que englobam os princípios da Química Verde (FARIAS; FAVARO, 2010). Outras iniciativas envolvem a intensificação de processos, com a elaboração de procedimentos mais compactos, seguros, energeticamente eficientes e ambientalmente sustentáveis por produzirem menos resíduos (COUTINHO *et al.*, 2019).

Novos nichos sócio produtivos emergem como promissores no paradigma do desenvolvimento sustentável, considerando o contexto de inovações tecnológicas das indústrias químicas. Entre esses nichos, assume notável importância o desenvolvimento da bioindústria -

segmento que tem como foco a conversão de recursos renováveis em produtos de valor agregado, como bioprodutos, biocombustíveis e bioenergia (ALMEIDA, 2012; CARIOCA *et al.*, 2012; MOREIRA, 2019). O Brasil apresenta uma posição privilegiada para conduzir o desenvolvimento da bioindústria, dada sua vantagem estratégica como um dos maiores produtores mundiais do agronegócio, levando em conta a potencialidade de aproveitamento de resíduos e subprodutos agrícolas como insumos dos processos produtivos, (MOREIRA, 2019).

A bioprospecção de novas moléculas e princípios ativos de componentes da biodiversidade brasileira, com a potencial incorporação desses ingredientes aos produtos finais das indústrias é um dos destaques da indústria de cosméticos. A utilização sustentável de recursos, desde que se estabeleça integração entre as pesquisas desenvolvidas e o respeito aos ecossistemas e populações tradicionais interessadas é muito positivo (GOMES *et al.*, 2018).

As inovações na indústria petroquímica também são destaque com o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis e bioplásticos. Embora ainda dependa de insumos de origem fóssil, foi estimado que até 2020 já existiria a participação da Química Verde em cerca de 10 % do conjunto de produtos ofertados pelo segmento (GOMES *et al.*, 2018).

No Brasil, por meio do acolhimento de práticas sustentáveis em seus setores produtivos e gerenciais a indústria química vem, de fato, obtendo resultados importantes no progresso de seu desempenho ambiental nas últimas décadas, de acordo com relatório publicado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) em parceria com a ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química) no ano de 2017. O relatório indicou, por exemplo, avanços relativos ao reuso de efluentes tratados, mitigação na geração de resíduos, aumento da eficiência energética, etc. Muitos desses avanços estão associados à adoção de práticas sustentáveis já consolidadas pelas indústrias, como as propostas pelo Programa Atuação Responsável ou por normas de gestão específicas (CNI, 2017).

Embora tenham ocorrido progressos, a sustentabilidade na indústria química brasileira ainda encontra-se em estágio inicial de desenvolvimento, com foco principal de atuação dirigido às externalidades mais diretas, existindo a necessidade de progressos na incorporação de iniciativas que abarquem estrategicamente todos os impactos da indústria química, considerando o contexto de crescimento do setor e dos problemas a ele associados (GARCIA *et al.*, 2016).

Os principais entraves para o desenvolvimento da bioindústria no Brasil estão agrupados em cinco blocos de desafios: matérias-primas, tecnologia, produto, estratégia e modelos de negócio e políticas públicas. Os desafios mais relevantes são nas áreas de tecnologia e políticas

públicas, indicando possibilidades concretas de desenvolvimento do segmento na indústria química brasileira (MOREIRA, 2019).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

Uma pesquisa científica pode ser classificada metodologicamente segundo diferentes critérios. Na Tabela 3.1 é apresentado o enquadramento do presente trabalho.

Tabela 3.1 - Metodologia adotada na pesquisa

<b>Natureza</b>	Pesquisa aplicada
<b>Objetivos</b>	Exploratória
<b>Abordagem</b>	Quantitativa e Qualitativa (Mista)
<b>Procedimentos</b>	Bibliométrico, levantamento, documental e experimental.
<b>Métodos de coleta de dados</b>	Observação; registro; análise, questionário e experimentos.

Fonte: O autor (2021).

Quanto à natureza, configura-se como pesquisa aplicada, pois esta propõe gerar conhecimento para utilização prática e solucionar problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2005). Em relação aos objetivos, a pesquisa é considerada exploratória, uma vez que como descrito por Gil (2011), esse tipo de pesquisa desenvolve, esclarece e incorpora contribuições a conceitos e ideias.

Em relação à natureza dos dados, esta é uma pesquisa mista, ou seja, utiliza abordagens quantitativas e qualitativas. A pesquisa quantitativa tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. A pesquisa quantitativa é norteadada pelo positivismo, considerando que a realidade só pode ser compreendida por meio na análise de dados brutos. Assim, recorre à matemática para descrever algum fenômeno e analisar informações (GRAY, 2012). Já a pesquisa qualitativa caracteriza-se por uma investigação científica, que envolve as questões e os procedimentos que emergem dos dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise dos dados indutivamente construída a partir das particularidades, para os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador acerca do significado dos dados (CRESWELL, 2010).

É importante salientar que a pesquisa qualitativa assume o ambiente da vida real como fonte direta para obtenção dos dados (MICHEL, 2009), entendendo que há uma relação dinâmica e indissociável entre a objetividade do mundo e a subjetividade dos indivíduos, a qual não pode ser traduzida e descrita por meio de números (SILVA; MENEZES, 2005; MOREIRA; CALEFFE, 2008). Para Leite (2008) a pesquisa qualitativa possui o poder de analisar os fenômenos com consideração de contexto, enquanto as pesquisas fortemente baseadas em números podem representar a exatidão fria da falta de contexto.

Ressalte-se, também, o papel que é assumido pelo pesquisador, o qual atua como elemento de interpretação das informações e de construção do conhecimento, sendo, pois, um instrumento-chave para a consecução dos objetivos. Neste sentido, ratifica-se que na pesquisa qualitativa, o pesquisador participa, compreende e interpreta (MICHEL, 2009).

Na abordagem mista, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem ser complementares, enriquecendo a análise e as discussões finais (MINAYO, 2003). Conforme Flick (2009), nos últimos anos vários pesquisadores de diversas áreas enfatizam em suas pesquisas as relações, combinações possíveis e também as distinções entre a pesquisa quantitativa e a qualitativa. A lógica da triangulação, ou seja, da combinação entre diversos métodos qualitativos e quantitativos, visa fornecer um quadro mais geral da questão em estudo. Nesta perspectiva, a pesquisa qualitativa pode ser apoiada pela pesquisa quantitativa e vice-versa, possibilitando uma análise estrutural do fenômeno com métodos quantitativos e uma análise processual mediante métodos qualitativos (FLICK, 2009).

Quanto aos procedimentos adotados, o estudo utiliza a pesquisa de levantamento, documental e experimental. A pesquisa de levantamento busca informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter. Trata-se de um procedimento útil, especialmente em pesquisas exploratórias e descritivas (SANTOS, 1999). Este tipo de pesquisa pode ser conceituado como sendo a obtenção de dados ou informações sobre as características ou as opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo, utilizando um questionário como instrumento de pesquisa (FONSECA, 2002).

A pesquisa documental apresenta os mesmos processos e as mesmas finalidades da pesquisa bibliográfica, mas diferencia-se desta pela natureza das fontes pesquisadas (GIL, 2010). No caso da pesquisa documental, como o próprio nome define, o substrato são documentos, escritos ou não (MARCONI; LAKATOS, 2010), que se caracterizam por não ter como objetivo expresso à divulgação do conhecimento científico (ainda que possam fazê-lo) e por não estarem publicados. É fato, porém, que a distinção entre fonte bibliográfica e fonte

documental nem sempre se mostra simples, e há fontes que ora são consideradas de um tipo, ora de outro (GIL, 2010). No presente trabalho, o critério definidor foi à publicação do material com o fim estrito de divulgação científica.

A pesquisa experimental possui experimentação, ou seja, prevê a aplicação de tratamentos experimentais comparativos (MOREIRA e CALLEFE, 2008). Segundo Gil (2007) consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Já para Fonseca (2002), a pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis discrepantes e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes.

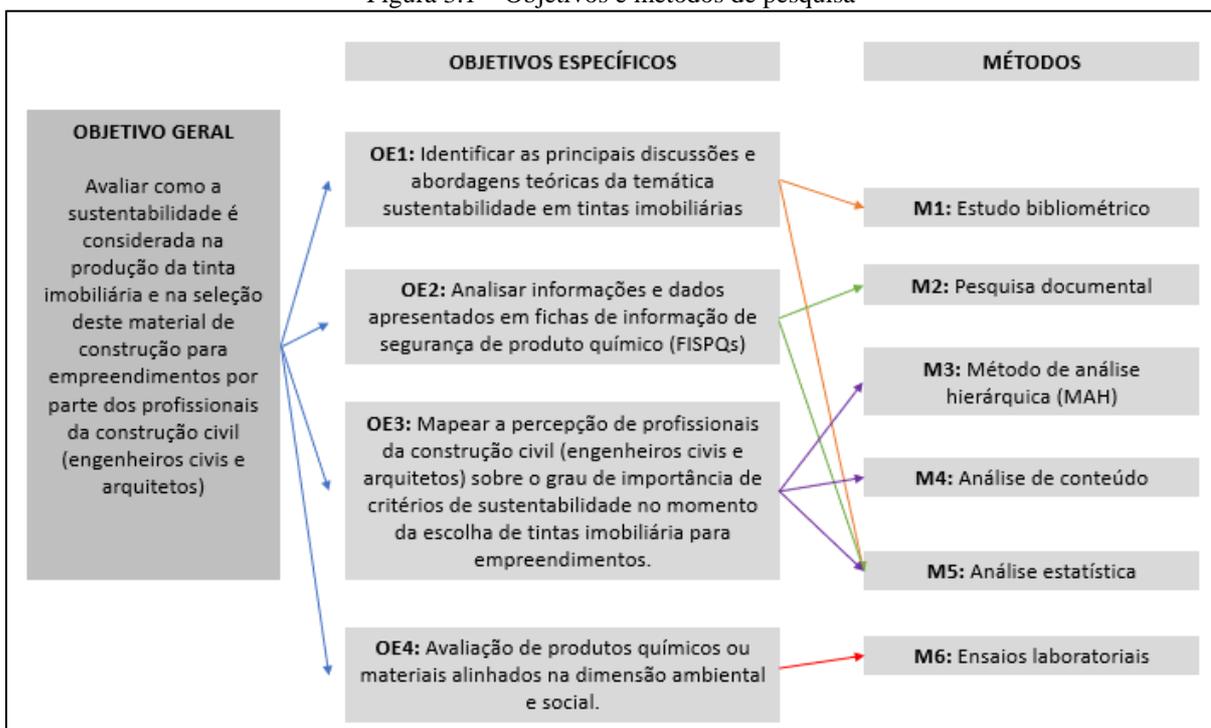
Sendo assim, a elaboração de instrumentos para a coleta de dados deve ser submetida a testes para assegurar sua eficácia em medir aquilo que a pesquisa se propõe a medir. A pesquisa experimental pode ser desenvolvida em laboratório (onde o meio ambiente criado é artificial) ou no campo (onde são criadas as condições de manipulação dos sujeitos nas próprias organizações, comunidades ou grupos).

O estudo proposto está baseado na coleta de dados por meio de: aplicação de questionário, para interagir com grupo de arquitetos e engenheiros civis e avaliar a importância que estes dão aos critérios relativos à sustentabilidade em tintas imobiliárias; observação, registro e análise de dados coletados de documentos, a fim de avaliar preço e composição química das tintas imobiliárias; desenvolvimento e realização de programa experimental, para avaliar a emissão de COVs por tintas imobiliárias industriais, em comparação a tintas consideradas ambientalmente amigáveis, que serão desenvolvidas em laboratório.

### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente, para ampliar o conhecimento sobre o tema realizou-se a revisão da literatura, conforme apresentado no capítulo anterior, que permitiu conhecer os fundamentos, os pensamentos, as atitudes, as normas, a gestão do conhecimento, as premissas do ciclo de vida dos materiais e produtos químicos e identificar as lacunas da literatura. A pesquisa foi dividida em doze etapas, as quais estão especificadas a seguir (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Objetivos e métodos de pesquisa



Fonte: O autor (2023)

### 3.2.1 Estudo Bibliométrico

Considerando todo o contexto descrito nos itens anteriores, esta sessão se propõe a mapear a produção científica internacional de 1985 a 2019, sobre o tema da sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas. A biblioteca Bibliometrix do pacote R foi utilizada para organizar os dados das publicações utilizadas e processar as análises geradas. Esta análise bibliométrica fornece uma visão geral do campo de pesquisa relacionado à sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas, apresenta análise de citação, identificação de autores centrais por meio de análise de cocitação, tópicos associados a esta linha específica de pesquisa e estrutura conceitual por coanálise, bem como identificar as abordagens mais exploradas na literatura e as principais lacunas.

Nessa etapa, a situação problema foi detalhada e explorada por meio de pesquisas na literatura, para sustentar os argumentos e a identificação de uma lacuna sobre sustentabilidade industrial em tintas imobiliárias. Para isso, foi desenvolvido o objetivo específico (OE1), isto é, realização do estudo bibliométrico sobre aplicação de critérios de sustentabilidade industrial no desenvolvimento e produção de tintas imobiliárias. O principal resultado desta etapa é a definição e a formalização do problema a ser solucionado, suas fronteiras (ambiente externo) e as soluções satisfatórias necessárias. A seguir, as principais atividades dessa etapa são apresentadas:

- Evidenciar a situação problema: essa atividade foi desenvolvida a partir de uma oportunidade de pesquisa identificada e posteriormente validada por meio das lacunas científicas observadas na Seção “1.1 Contextualização e situação problema”.
- Realizar um estudo bibliométrico sobre as principais discussões e abordagens teóricas da aplicação de critérios de sustentabilidade industrial no desenvolvimento e produção de tintas imobiliárias: o estudo foi realizado com o objetivo de aprofundar o contexto da pesquisa, confirmar as lacunas teóricas e conhecer o estado da arte sobre a temática de pesquisa. Esse estudo foi realizado utilizando o método bibliométrico apresentado por Zupic e Čater (2015).
- Sintetizar um quadro teórico-conceitual da literatura de referência sobre sustentabilidade industrial em tintas imobiliárias: foram identificadas as principais análises de citações (autores, periódicos, publicações, temas relevantes etc.), os principais focos de pesquisa sobre a temática, bem como foram levantadas as principais abordagens da área científica e as principais tendências sobre esse assunto.
- Produção do primeiro artigo científico – *Industrial sustainability in architectural paints – A bibliometric research. International Journal of Innovation and Technology Management* (Scopus – A1): artigo da pesquisa bibliométrica da tese (ALENCAR JUNIOR et al., 2021) foi desenvolvido, submetido e publicado. O artigo foi elaborado com base nos pontos desenvolvidos em 1.2 e 1.3 do método.

### 3.2.1.1 Método

A análise bibliométrica de publicações que relacionam tintas arquitetônicas e sustentabilidade industrial foi o tema escolhido para o desenvolvimento deste estudo. Utilizando métodos estatísticos e matemáticos, os estudos bibliométricos visam realizar uma análise quantitativa de publicações técnicas e acadêmicas (ROSTAINING, 1997; SILVA, 2004). A bibliometria busca fornecer um panorama da área escolhida para pesquisa e, com base nessa análise, identificar lacunas na literatura e oportunidades para o desenvolvimento de novos estudos (MACEDO *et al.*, 2007; NEFF e CORLEY, 2009; SHI *et al.*, 2020).

A construção de imagens estruturais de campos científicos é possível por meio da utilização de métodos bibliométricos, como a cocitação e a análise de copalavras (ZUPIC e ČATER, 2015). Por meio desses métodos, é possível avaliar de forma objetiva a literatura científica (CHUBIN E GARFIELD, 1980). Outro aspecto importante desses métodos é a

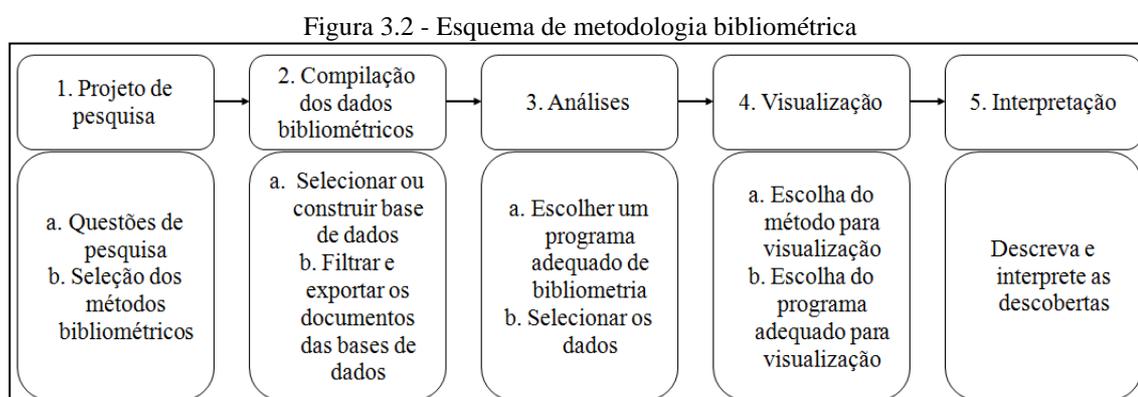
possibilidade de identificar redes informais de pesquisa, ampliando o portfólio bibliográfico e as fontes de estudo (CRANE, 1988; PRICE, 1965). A principal importância do uso desses métodos está na construção de um mapeamento científico. A partir desse mapeamento é possível visualizar a dinâmica e estrutura do campo científico de interesse (COBO *et al.*, 2011).

A pesquisa pode ser classificada metodologicamente como exploratória e descritiva, utilizando uma abordagem quantitativa para análise, a partir dos resultados coletados por meio de fontes primárias e secundárias. Os resultados alcançados constituem uma pesquisa aplicada, com função descritiva da literatura, que visa analisar o tema em busca das principais áreas de pesquisa.

O estudo se limita a buscar apenas artigos científicos, considerando que livros, contribuições para volumes editados, artigos de conferências e papéis de trabalho passam por processos de revisão por pares menos rigorosos e estão menos disponíveis, eles não foram inclusos no presente estudo (PODSAKOFF *et al.*, 2005).

A busca foi limitada no tempo, por isso inclui apenas artigos publicados entre 1985, ano em que foi identificada a publicação do primeiro artigo relacionado ao tema, até 2019. Houve uma limitação nas bases de dados utilizadas. As bases de dados Scopus (scopus.com) e *Web of Science* (webofknowledge.com) foram escolhidas para este estudo.

O método desenvolvido por Zupic e Čater (2015) e Delesposte *et al.* (2021) para auxílio nos estudos bibliométricos de gestão e organização foi selecionado para o desenvolvimento da pesquisa e pode ser visualizado na Figura 3.2. As etapas que compõem o método são: projeto de pesquisa, compilação dos dados bibliométricos, análises, visualização e interpretação.



Fonte: adaptado de Zupic e Čater (2015) e Delesposte *et al.* (2021).

### 3.2.1.2 Projeto de pesquisa

O desenho do estudo é a primeira etapa do método de pesquisa adotado. Nessa etapa, foram delineados os objetivos a serem alcançados e as questões de pesquisa elencadas no subitem anterior. A escolha de métodos bibliométricos adequados para responder às questões de pesquisa também foi realizada nesta fase. Os métodos selecionados foram à análise de citação, análise de cocitação e análise de copalavra. A Tabela 3.2 destaca os métodos e relaciona as questões de pesquisa a serem respondidas. Após estas análises, foi possível responder a outras questões que são apresentadas no último item, denominado análises gerais.

Tabela 3.2 - Métodos bibliométricos adotados e perguntas de pesquisa feitas.

<b>Análise de citações</b>	<b>Análise de cocitação</b>
Tipos de documentos	Quais são os pesquisadores centrais no campo da sustentabilidade industrial em tintas imobiliárias?
Principais informações das publicações	<b>Análise de copalavra</b>
Publicações por ano	Quais são os tópicos relacionados a essa linha de pesquisa?
Periódicos mais influentes	Quais são as estruturas conceituais na literatura em questão?
Autores com os maiores números de publicações	<b>Análises Gerais</b>
Publicações mais citadas	Quais abordagens são mais exploradas na literatura?
	Quais são as principais lacunas?

Fonte: adaptado de Zupic e Čater (2015)

O método de análise de citações permite identificar tendências gerais a partir da relação entre artigos, autores e periódicos que abordam uma linha de pesquisa específica (ZUPIC e ČATER, 2015; OHNO, 2019). A partir dessas relações, é possível estabelecer uma visão geral dos documentos (SUN E GRIMES, 2016; PINTO *et al.*, 2016).

O método bibliométrico mais utilizado e validado é a cocitação. Seu uso possibilita relacionar autores que abordam o mesmo assunto (ZHAO E STROTMANN, 2008; ZUPIC e ČATER, 2015). Quando um artigo A e um artigo B citam o artigo C, estabelece-se a ocorrência de cocitação. A partir desta identificação, é possível calcular a frequência com que dois autores são citados em conjunto (SMALL, 1973). A partir da análise da conexão entre os autores, é possível identificar as publicações mais relevantes, uma vez que o número de citações está intimamente relacionado à importância para a área científica do autor e da publicação em

questão (ZUPIC e ČATER, 2015). É possível observar se há identificação de áreas de pesquisa entre os autores, a partir da visualização do diagrama de cocitação. A proximidade dos autores no diagrama significa que eles foram mais citados juntos em outras publicações. Essa visão permite inferir se existe ou não probabilidade de haver uma conexão entre os temas abordados em suas publicações (PASADEOS *et al.*, 1998; ZUPIC e ČATER, 2015; PINTO *et al.*, 2016). O diagrama de cocitação foi gerado a partir da normalização de uma matriz de similaridade e da normalização da força de associação.

A utilização do método denominado análise de copalavra ocorreu a partir da construção de uma rede de coocorrência de palavras, com o objetivo de mapear as principais referências conceituais de uma série de documentos, utilizando a palavra coocorrência em um acervo bibliográfico (RONDA-PUPO e GUERRAS-MARTIN, 2012; ZUPIC e ČATER, 2015). A projeção da estrutura conceitual a partir de uma rede de coocorrência de palavras, para mapear e reunir termos retirados de palavras-chave, títulos ou resumos em um portfólio bibliográfico, é a principal vantagem do uso de análise de copalavras (RONDA-PUPO e GUERRAS-MARTIN, 2012; ARIA e CUCCURULLO, 2017). O método permite encontrar conexões entre assuntos e aspectos estruturais em um campo de estudo e observar sua evolução (HE, 1998; DI MATTEO *et al.*, 2018).

Para enriquecer ainda mais a pesquisa, utilizou-se a análise de correspondência múltipla, que se baseia em uma análise fatorial que busca compreender, de maneira geral, como as variáveis das diferentes categorias se conectam (GREENACRE e BLASIUS, 2006). A análise de cluster também foi utilizada, reunindo tópicos a partir da distribuição de palavras-chave entre as dimensões e suas posições relativas (SHI *et al.*, 2020). A distribuição das palavras ocorre por meio de pontos em um espectro bidimensional e as semelhanças na distribuição das palavras são medidas a partir da proximidade entre elas no mapa de estrutura conceitual (SHI *et al.*, 2020; CUCCURULLO *et al.*, 2016).

### 3.2.1.3 Processo de seleção do portfólio bibliográfico (PB)

Para a seleção do portfólio bibliográfico, foi fundamental que os autores decidissem qual tema seria abordado e desenvolvido, visando dar uma contribuição valiosa para a área científica escolhida. Neste estudo foi abordada a sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas e, portanto, esses são os dois eixos do estudo (Tabela 3.3). Os termos de busca foram escolhidos a partir de uma busca de teste inicial, para definir a melhor ordem de busca,

ou seja, para testar a viabilidade de utilização dos termos na ferramenta de busca básica. As bases de dados *Web of Science* (WOS) da Clarivate e as bases de dados Scopus da Elsevier foram escolhidas, com base na premissa de que são as bases de dados mais importantes e relevantes da atualidade e porque têm vastas coleções de resumos e citações.

Para a formação das palavras-chave utilizadas na busca nas bases de dados, foram realizadas todas as combinações possíveis. Usando a expressão booleana “AND”, foi possível formar 16 combinações. As combinações de palavras-chave foram utilizadas para realizar buscas nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, pertencentes ao acervo das bases de dados selecionadas de 1985 a 2019. As buscas foram direcionadas a uma generalização dos achados pelo uso de palavras-chave nas bases de dados selecionadas, conforme descrito anteriormente. Após a leitura de pouco mais de uma centena de artigos relacionados ao tema sustentabilidade e tintas, foi possível selecionar os termos de busca adequados. Dessa forma, foi possível desenvolver uma análise abrangente e inclusiva das publicações (VIEGAS *et al.*, 2016).

Tabela 3.3 - Termos utilizados na pesquisa

<b>Paints</b>	<b>Sustainable</b>
Architecturalpaints	Sustainability
Wall paints	Eco-friendly
Indoor paints	Environmentally friendly

Fonte: O autor

Assim, foram identificados 726 documentos na base de dados Scopus e 258 na base de dados Web of Science. Após a compilação dos dados, realizou-se a integração dos bancos de dados construindo assim um terceiro banco de dados utilizando, a biblioteca de código aberto Bibliometrix no pacote R.

#### 3.2.1.4 Análises

As ferramentas para desenvolver a pesquisa foram utilizadas na terceira etapa. A biblioteca Bibliometrix do pacote R e o VOSviewer foram os artefatos selecionados para o estudo bibliométrico. O conjunto de ferramentas de código aberto do Bibliometrix permite a realização de estudos quantitativos e cienciométricos (ARIA e CUCCURULLO, 2017). Entre as vantagens que contribuíram para a escolha do pacote R, em detrimento de outras linguagens de computação científica, para o desenvolvimento da pesquisa estão a presença de algoritmos

estatísticos consistentes e eficientes, a alta qualidade das rotinas numéricas e as ferramentas de visualização de sistemas integrados de dados (ARIA e CUCCURULLO, 2017). A visualização dos mapas bibliométricos e sua análise detalhada foi possível por meio do programa gratuito VOSviewer (VAN ECK e WALTMAN, 2010).

O processamento realizado, retirando as repetições, obteve 773 artigos diferentes. Além de remover duplicatas, o Bibliometrix padroniza dados como nomes de autores, ortografia, periódicos, etc.

#### 3.2.1.5 Visualização

O método de visualização dos resultados utilizado na terceira etapa foi definido na quarta etapa do estudo. As análises de cocitação e de copalavra foram os selecionados, pois permitem uma análise em rede de um mapa com base nos autores. Visualização de semelhanças VOS - Fruchterman - Reingold foi o algoritmo de layout utilizado. Em grande parte das vezes, essa metodologia gera mapas mais bem elaborados do que os obtidos por escalonamento multidimensional (VAN ECK *et al.*, 2008). A preparação da visualização foi realizada pela biblioteca Bibliometrix do pacote R (ARIA e CUCCURULLO, 2017) e os mapas foram obtidos por meio do VOSviewer (VAN ECK *et al.*, 2008).

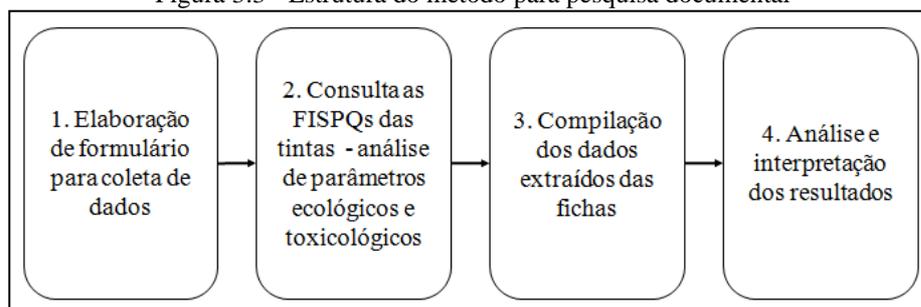
#### 3.2.1.6 Interpretação

A descrição e interpretação dos resultados foram realizadas na quinta e última etapa da pesquisa. É importante ressaltar que o estudo bibliométrico desenvolvido tem como foco principal a estrutura, ou seja, a análise das conexões entre os elementos estruturais (conceitos, autores e grupos de publicações), para identificar como estes se relacionam e se influenciam, bem como analisar questões subjetivas sobre o campo científico (ZUPIC e ČATER, 2015).

### 3.2.2 Pesquisa documental

A Figura 3.3 apresenta as etapas que foram utilizadas para alcançar os resultados pretendidos por meio da pesquisa documental proposta.

Figura 3.3 - Estrutura do método para pesquisa documental



Fonte: O autor

Nesta etapa da pesquisa foram analisados, por método de síntese estatística e análise das informações disponibilizadas, parâmetros de sustentabilidade registrados em fichas de informação de segurança de produto químico (FISPQs) de 20 diferentes marcas de tintas imobiliárias disponibilizadas no mercado brasileiro. A avaliação foi realizada em FISPQs de tintas à base de água. Embora as últimas décadas tenham testemunhado uma mudança significativa de revestimentos à base de solvente para revestimentos à base de água mais ecológicos, os sistemas à base de solvente permanecem proeminentes em algumas aplicações. Os revestimentos à base de água também enfrentam desafios de sustentabilidade que precisam ser abordados na próxima década (CUNNINGHAM *et al.*,2019).

As FISPQs são documentos normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conforme NBR 14725-4:2014. Estas devem ser disponibilizadas obrigatoriamente, junto com o produto químico adquirido. Esta é uma condição indispensável para a comercialização deste item.

O documento é dividido por seções e contemplam informações sobre vários aspectos do produto. Para esses aspectos, a FISPQ fornece informações detalhadas sobre os produtos e também sobre ações de emergência a serem adotadas em caso de acidente.

Para facilitar o conhecimento sobre esse documento, segue abaixo a estrutura de organização em capítulo utilizada e cada tópico com sua referida utilidade e usabilidade (NBR 14725-4:2014):

- Capítulo 1:

Identificação do produto e da empresa: Esta seção informa o nome comercial do produto conforme utilizado no rótulo de produto químico, o nome da empresa fabricante com telefone e endereço.

- Capítulo 2:

Identificação de perigos: Esta seção apresenta de forma clara e breve os perigos mais importantes e efeitos do produto (efeitos adversos à saúde humana, efeitos ambientais, perigos físicos e químicos) e, quando apropriado, perigos específicos.

- Capítulo 3:

Composição e informações sobre os ingredientes: Esta seção informa se o produto químico é uma substância ou uma mistura. No caso de ser uma substância, o nome químico ou comum será informado, na hipótese de ser uma mistura, a natureza química do produto será informada.

- Capítulo 4:

Medidas de primeiros-socorros: Nesta seção serão informadas as medidas de primeiros-socorros a serem tomadas de forma detalhada, e também as indicações de quais as ações devem ser evitadas.

- Capítulo 5:

Medidas de combate a incêndio: Esta seção informa quais são os meios de extinção apropriados e os que não são recomendados.

- Capítulo 6:

Medidas de controle para derramamento ou vazamento: Este capítulo possui as seguintes informações:

- As instruções específicas de precauções pessoais;
- Procedimentos a serem adotados em relação à proteção ao meio ambiente;
- Procedimentos de emergência e acionamento de alarmes;
- Métodos de limpeza, coleta, neutralização e descontaminação do ambiente ou meio ambiente.

- Capítulo 7:

Manuseio e armazenamento: Esta seção informa os procedimentos de segurança no manuseio e armazenamento. Deve contemplar as ações de segurança, prevendo também ações em caso de contato acidental com o produto.

- Capítulo 8:

Controle de exposição e proteção individual: São indicados parâmetros de controle para substâncias e ingredientes, limites de tolerância, e/ou indicadores biológicos ou outros limites.

- Capítulo 9:

Propriedades físicas e químicas: Essa sessão inclui informação detalhada sobre o produto químico, incluindo sua aparência e cor.

- Capítulo 10:

Estabilidade e reatividade: Este capítulo indica:

- Estabilidade química: Indica se a substância ou mistura é estável ou instável em condições normais de temperatura e pressão;
- Reatividade: Descreve os perigos de reatividade da substância ou mistura.
- Possibilidade de reações perigosas: Estabelece se a substância ou mistura reage ou polimeriza, liberando excesso de pressão ou calor, ou gerando outras condições perigosas;
- Condições a serem evitadas: Lista as condições a serem evitadas, tais como: temperatura, pressão, choque/impacto/atrito, luz, descarga estática, vibrações, envelhecimento, umidade e outras condições que podem resultar em uma situação de perigo;
- Materiais incompatíveis: Lista as classes de substâncias ou as substâncias específicas com as quais a substância ou mistura pode reagir para uma situação de perigo (por exemplo, explosão, liberação de materiais tóxicos ou inflamáveis, liberação de calor excessivo);
- Produtos perigosos da decomposição: lista os produtos perigosos da decomposição conhecidos, resultantes do manuseio, armazenagem e aquecimento.

- Capítulo 11:

Informações toxicológicas: Este capítulo é utilizado principalmente por médicos, toxicologistas e profissionais da área de segurança do trabalho. É fornecida uma descrição concisa, completa, e compreensível dos vários efeitos toxicológicos no corpo humano, bem como os dados disponíveis para identificar esses efeitos.

- Capítulo 12

Informações ecológicas: Esta seção fornece informações para avaliar o impacto ambiental da substância ou mistura quando liberada ao meio ambiente. Essas informações visam auxiliar em casos de vazamentos/derramamentos, bem como nas práticas de tratamento de resíduos.

- Capítulo 13:

Considerações sobre tratamento e disposição: Esta seção informa sobre os métodos recomendados para tratamento e disposição segura dos produtos, sendo que esses devem ser ambientalmente aprovados.

- Capítulo 14:

Informações sobre transporte: Contém informações sobre códigos e classificações de acordo com regulamentações nacionais e internacionais para transporte dos produtos.

- Capítulo 15:

Regulamentações: Contém informações sobre as regulamentações especificamente aplicáveis ao produto químico.

- Capítulo 16:

Outras informações: Esta seção fornece qualquer outra informação que possa ser importante do ponto de vista da segurança, saúde e meio ambiente, mas não especificamente pertinente às seções anteriores. Por exemplo, necessidades especiais de treinamento, o uso recomendado e possíveis restrições ao produto químico podem ser indicados.

Para a realização desta pesquisa, foi necessária a utilização de formulários, previamente estruturados para registro dos dados coletados a partir das consultas as Fichas de Informação de Segurança dos Produtos Químicos – FISPQs (Tabelas 3.4 e 3.5), a fim de avaliar os riscos que as substâncias químicas oferecem a saúde dos usuários e ao meio ambiente.

Tabela 3.4 – Formulário parâmetros ecológicos

Marca	PARÂMETROS ECOLÓGICOS											
	Produção de gases tóxicos na queima			Nocividade aos organismos aquáticos			Biodegradabilidade			Bioacumulação		
	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI
<b>A</b>												
<b>B</b>												
<b>C</b>												
<b>D</b>												
<b>E</b>												
<b>F</b>												
<b>G</b>												
<b>H</b>												
<b>I</b>												
<b>J</b>												
<b>K</b>												
<b>L</b>												
<b>M</b>												
<b>N</b>												
<b>O</b>												
<b>P</b>												
<b>Q</b>												
<b>R</b>												
<b>S</b>												
<b>T</b>												

Fonte: O autor / Legenda: S (Sim), N (Não) e NI (Não informado)

Tabela 3.5 – Formulário parâmetros toxicológicos

Marcas	PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS											
	Sensibilização respiratória			Irritação à pele / Alteração			Irritação ocular / Lesões oculares graves			Carcinogenicidade		
	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												
I												
J												
K												
L												
M												
N												
O												
P												
Q												
R												
S												
T												

Fonte: O autor / Legenda: S (Sim), N (Não) e NI (Não informado)

Um produto químico é classificado como sendo ambientalmente correto de acordo com três critérios: a toxicidade, a bioacumulação e a biodegradação (MARTINOD *et al.*, 2009). A toxicidade deve ser medida tanto como CL50 (concentração letal a 50% da população) quanto como CE50 (concentração efetiva da substância química necessária para afetar negativamente 50% da população). A bioacumulação é um teste que envolve a medida do coeficiente de partição (concentração em octanol dividida pela concentração em água) do composto químico. Maiores valores de coeficientes de partição indicam maior bioacumulação. E a biodegradação é uma medida da duração que um produto químico vai persistir no ambiente (SASTRI *et al.*, 2011).

O estudo dos parâmetros de sustentabilidade das FISPQs foi dividido em dois grupos: parâmetros ecológicos e parâmetros toxicológicos. O grupo dos parâmetros ecológicos é formado pelas informações apresentadas referentes a quatro aspectos: produção de gases tóxicos na queima, nocividade a organismos aquáticos, biodegradabilidade e bioacumulação. Para o grupo dos parâmetros toxicológicos, as informações consideradas para análise foram também referentes a quatro aspectos: sensibilização/danos ao sistema respiratório, irritação/alteração da pele, irritação/lesões oculares graves e carcinogenicidade. Após o preenchimento dos formulários, foi realizada uma análise estatística dos dados.

### **3.2.3 Pesquisa de levantamento**

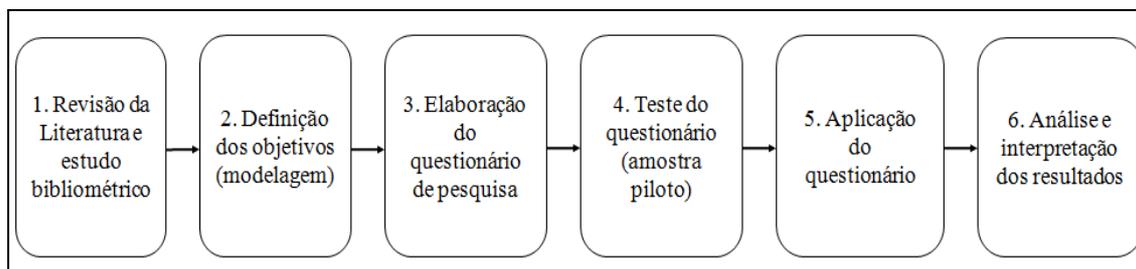
#### **3.2.3.1 Instrumento de pesquisa de campo**

A metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento deste trabalho tem como base a implementação de uma pesquisa do tipo Interseccional, ou seja, tem como principal característica a coleta dos dados de uma dada população. É realizada em um único intervalo de tempo, onde mesmo no caso da utilização de questionário, onde a recepção das respostas ocorre durante um intervalo de dias, ou no caso da entrevista, onde estas são também realizadas durante um intervalo de dias, este intervalo é considerado como único. Este é o modelo empregado com maior frequência (BABBIE, 1999; RICHARDSON, 2017).

Este *Survey* utiliza como instrumento de pesquisa, questionários fechados e com amostragem probabilística aleatória simples, onde cada unidade da população tem igual probabilidade de seleção para fazer parte da amostra, e ainda, cada elemento possui um número único associado e utilizando-se de uma tabela de números aleatórios os elementos são extraídos, até que se alcance o número de elementos desejados da amostra. (MENDEZ, 2018).

Para isto, foi utilizada a estrutura apresentada na Figura 3.4, a qual apresenta o fluxograma do processo de confecção desta pesquisa.

Figura 3.4 - Fluxo do processo de pesquisa de levantamento



Fonte: o autor

Segundo Babbie (1999) o princípio que fundamenta a amostragem probabilística é que “uma amostra será representativa da população da qual foi selecionada se todos os membros da população tiverem oportunidade igual de serem selecionados para a amostra.” Ainda que uma amostra jamais seja perfeitamente representativa, existindo o erro da amostra, a amostragem probabilística busca diminuir o impacto deste erro e tipicamente gera amostras mais representativas do que outros tipos de amostragem, pois evita os vieses da seleção. Os principais métodos deste tipo de amostragem são: amostragem aleatória simples, amostragem sistemática, amostragem estratificada, amostragem por conglomerados em múltiplas etapas (BRYMAN, 1989).

O perfil da amostragem é composto por especialistas acadêmicos e profissionais, engenheiros civis e arquitetos, que atuam em setores da construção civil ligados a gestão e execução de obras para validação dos critérios. O foco será consultar especialistas no assunto.

A aplicação do *Survey* a um grupo de engenheiros civis e arquitetos tem como motivação principal, a necessidade de se responder às seguintes inquietações deste projeto de pesquisa. Quais sejam:

- Qual será a importância que os profissionais (engenheiros civis e arquitetos) atribuem a critérios associados à sustentabilidade na seleção de tintas imobiliárias para empreendimentos?
- Qual o grau de conhecimento, as premissas e o imaginário dos profissionais que atuam na construção civil em relação a conceitos relativos à sustentabilidade?

Como não foram encontrados trabalhos de pesquisa semelhantes durante a pesquisa bibliográfica buscou-se realizar um trabalho científico original. Trata-se da aplicação de um questionário que procura conhecer a familiarização de grupo de profissionais com conceitos associados à sustentabilidade em tintas imobiliárias, mediante uso de técnicas padronizadas de coleta de dados. Optou-se por executar um levantamento *Survey*, interrogando diretamente uma

parcela dos integrantes do grupo que se desejava conhecer tal familiarização, para depois, mediante análise quantitativa e qualitativa, obter as conclusões correspondentes aos dados coletados.

A internet foi à plataforma selecionada por permitir a velocidade, o alcance, a confiabilidade e a aleatoriedade essenciais ao trabalho. A escolha e a utilização de um site profissional, já estruturado e especializado na aplicação de pesquisas (*Surveys*), proporcionou a agilidade no envio das questões, o monitoramento da quantidade dos respondentes, a coleta de respostas e a análise dos dados obtidos. Desta forma, e de maneira gratuita, foi utilizado o *Google Forms*, mundialmente reconhecido pelos usuários da grande rede.

A impessoalidade proporcionada por um e-mail contendo um convite para se responder a uma pesquisa, teve dois lados – positivo e negativo. Foi necessário elaborar um bom texto de forma a estimular os respondentes a responder o questionário enviado. Pelo lado negativo, a preocupação era que os respondentes não clicassem no link que os direcionaria ao questionário *online*, por receio de ser uma pesquisa longa e demandante de muito tempo. Já o lado positivo, foi à redução da possibilidade de respostas “politicamente corretas”, que não fossem de fato a opinião sincera dos respondentes.

No texto enviado, fica claro que a identidade de cada respondente será preservada eletronicamente pela plataforma, ou seja, as informações conseguidas através da participação do respondente não permitirão a identificação da pessoa e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

Nas pesquisas que abrangem a coleta de dados ou contato com populações humanas (ou animais), a ética está ligada à adoção de princípios morais ou de normas para realizá-las visando direcionar as escolhas morais de comportamento e relacionamento com o outro. Segundo Gray (2012) os seguintes princípios éticos são fundamentais e devem ser seguidos por todo pesquisador, quais sejam:

- Evitar danos aos respondentes;
- Garantir seu consentimento informado e registrado;
- Respeitar sua privacidade;
- Evitar enganos.

A definição de universo ou população, segundo Gil (2008) é um conjunto definido de elementos que possuem determinadas características. O autor define a amostra como o subconjunto do universo ou da população, por meio do qual se estabelecem ou se estimam as características desse universo ou população. Ainda, na ótica de Gil (2008), construir um

questionário consiste basicamente em traduzir os objetivos da pesquisa em questões específicas. As respostas a essas questões específicas irão adequar os dados requeridos para descrever as características da população pesquisada ou testar as hipóteses que foram construídas durante o planejamento da pesquisa.

A elaboração do questionário foi baseada em revisão bibliográfica e estudo bibliométrico sobre o tema em questão. Este foi composto de uma etapa de priorização ordinal de critérios, relativos à escolha de tintas imobiliárias para empreendimentos e mais 9 perguntas abordando a temática da sustentabilidade em tintas. A etapa de priorização ordinal de critérios foi analisada pelo método da análise hierárquica (MAH), já as respostas foram examinadas por método estatístico e análise de conteúdo.

O envio dos primeiros e-mails convidando os profissionais para participar da pesquisa ocorreu em 20 de junho de 2022 e foi encerrado em 17 de janeiro de 2023. O questionário é apresentado no “Apêndice 1 - Questionário”.

A Tabela 3.6, a seguir, apresenta os dados fornecidos pelo site *Google Forms* e controle de convites enviados:

Tabela 3.6 - Universo de Respondentes ao *Survey*

Monitoramento de e-mails	
Destinatários	50
Respondidos	30
Não Respondidos	20

Fonte: O autor

### 3.2.3.2 Métodos de análise dos dados

Govindan e Jepsen (2016) enfatizam que os problemas de decisão da vida real, em linhas gerais, englobam diversos aspectos conflitantes (critérios) que devem ser considerados em conjunto, na investigação de uma decisão razoável. A pesquisa que busca solucionar problemas desta natureza possui duas vertentes mais conhecidas: a) tomada de decisão multicritério (MCDM – *multicriteria decision making*), e b) apoio multicritério à decisão (AMD) ou (MDCA), ambos da Pesquisa Operacional (PO).

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) pode ser definido, de acordo com Gomes *et al.* (2011), citando Roy & Bouyssou (1993): “A atividade daquele que, baseado em modelos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, ajuda na obtenção de

elementos de resposta às questões de um agente de decisão no decorrer de um processo decisório”.

Assim, segundo os autores, o uso de uma metodologia AMD procura fazer com que o processo seja neutro, válido, objetivo, transparente, sem a pretensão de indicação de uma única solução. Gomes e Gomes (2014) complementam que: “A metodologia deve basear-se na experiência e em técnicas de cálculo práticas e elementares, de forma que retrate situações complexas pelo uso de modelos que permitam melhor compreensão da realidade”.

Conforme Costa e Freitas (2005), o Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) reconhece que: “Em geral, não existe uma alternativa que seja a melhor em todos os critérios. As duas características principais do AMD são: analisar os problemas de decisão à luz de vários critérios e reconhecer e abordar a subjetividade inerente aos problemas de decisão.”

Segundo Costa (2017), o AHP (Analytic Hierarchy Process) foi proposto por Saaty em 1977 para o tratamento da problemática de escolha. Há, entretanto, muitos detalhes do método em outras publicações de Saaty, como as de 1980 e 1994. Costa (2017) destaca os três princípios do método:

- Construção de hierarquias: em que o problema é implantado em níveis hierárquicos na forma de uma árvore ou hierarquia de critérios, visando um melhor entendimento e avaliação do problema;
- Priorização: que realiza o cálculo das prioridades, levando em consideração a percepção em termos da preferência relativa dos objetos e, também, comparações de pares em relação à importância dos critérios;
- Consistência lógica: no AHP é possível calcular o grau de consistência ou coerência dos julgamentos emitidos pelos avaliadores.

Dulange *et al.* (2014) salientam que uma característica importante do método é a quantificação dos julgamentos subjetivos dos respondentes na atribuição de valores numéricos com base na importância relativa de cada fator considerado. A síntese dos julgamentos para a determinação das prioridades dos fatores conduz a um resultado. Os autores comentam que o método AHP utiliza comparações por pares, gerando fatores de ponderação (pesos) e a avaliação, conforme desenvolvido por Saaty em 1980. O AHP é um método estruturado para compreender a preferência dos decisores. O método foi proposto na literatura para solucionar grandes, dinâmicos e complexos problemas de tomada de decisão multicritério, com múltiplos atributos, atuando na problemática do compartilhamento.

Segundo Costa (2002), o Método da Análise Hierárquica (MAH), também conhecido pelo seu nome em inglês Analytic Hierarchic Process (AHP), destaca-se como um dos mais

conhecidos e utilizados métodos de auxílio multicritério à decisão. Para Cova (2000), o MAH se estrutura sob a forma de uma hierarquia, onde o nível mais elevado será representado por uma função objetivo, ou meta desejável a ser atingida, ou ainda, como um atributo desejável a ser verificado. Ainda segundo o autor, o objetivo do MAH é a “seleção/escolha de alternativas, em um processo que considere diferentes critérios de avaliação”. A fim de alcançar este objetivo, o método considera três princípios do pensamento analítico: construção de hierarquias, definição de prioridades e consistência lógica.

As definições mais relevantes da consolidação de uma hierarquia, com o objetivo de elucidar questões relacionadas à tomada de decisão, são listadas a seguir:

- a) Foco principal: o objetivo global da decisão.
- b) Conjunto de alternativas: possibilidades de escolha.
- c) Conjunto de critérios: Agrupamento em quesitos.

Costa (2002) estabelece que para o desenvolvimento e utilização de um modelo de determinação de prioridades, fundamentado no uso de MAH, é necessário seguir as seguintes etapas:

- a) Construção de hierarquia: coleta de julgamentos de valor emitidos por especialistas;
- b) Compilação dos dados obtidos do julgamento: cálculo da priorização de cada alternativa em relação ao foco principal;
- c) Análise da consistência do julgamento: Identificação do quanto o sistema de categorização utilizado é consistente na classificação das alternativas viáveis.

O método baseia-se no estabelecimento de comparações por pares entre critérios/atributos considerando características objetivas e subjetivas, segundo uma escala absoluta de valores. Para realização da comparação entre as alternativas, o decisor julgará com base em cada critério específico, qual é a melhor alternativa e quantificar essa priorização. Utiliza-se para esta quantificação a escala de Saaty, que traduz julgamentos verbais em numerais conforme mostra a Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Escala de Saaty

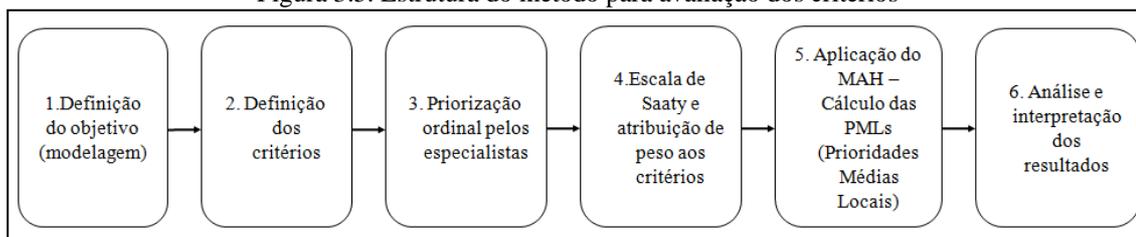
<b>Escala verbal</b>	<b>Escala numeral</b>
Igualmente preferido	1
Igualmente a moderadamente	2
Moderadamente preferido	3
Moderadamente a forte	4
Muito preferido	5
Fortemente a muito fortemente	6
Muito fortemente preferido	7
Muito fortemente para extremamente	8
Extremamente preferido	9

Fonte: o autor

Na proposição do método de avaliação, procede-se à elaboração dos procedimentos, para a avaliação dos critérios sobre o processo de seleção de tintas, de modo a elucidar a tomada de decisão. Tendo-se como insumos básicos os critérios selecionados e o processo alvo deste estudo, o método proposto deve apontar como seu principal resultado, quais são os critérios mais importantes para cada especialista, na tomada de decisão para seleção de tintas imobiliárias.

Para isto, foi utilizada a estrutura apresentada na Figura 3.5, a qual deve ser entendida como o modelo para avaliação dos critérios, que norteiam a tomada de decisão da seleção de tintas imobiliárias.

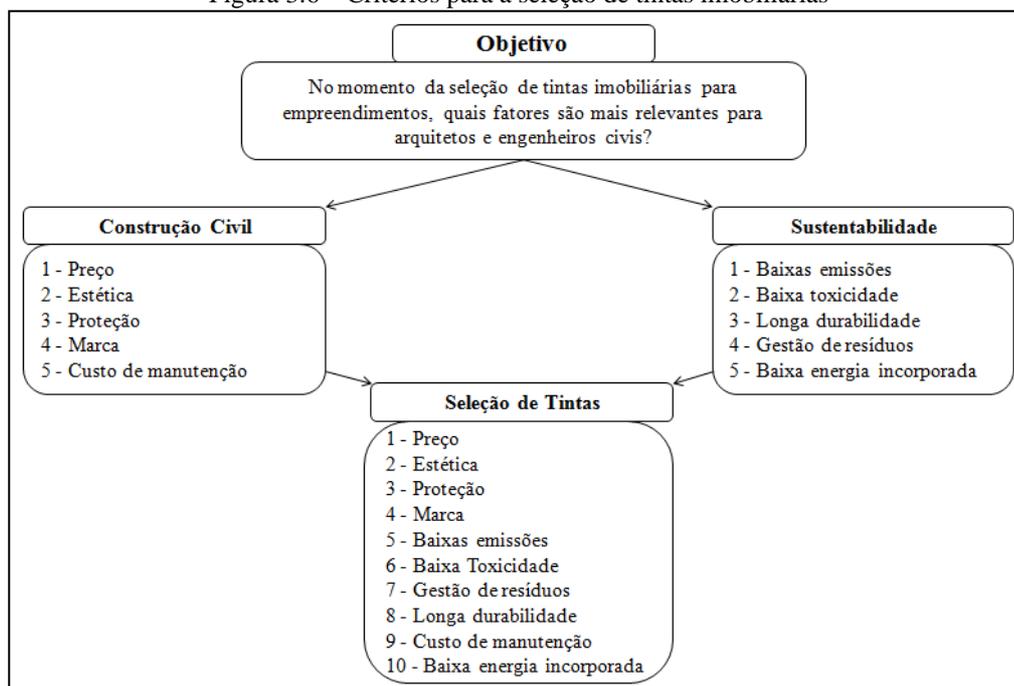
Figura 3.5. Estrutura do método para avaliação dos critérios



Fonte: o autor

Na Figura 3.6, são apresentados os critérios que serão considerados na avaliação da tomada de decisão dos engenheiros civis e arquitetos, para aquisição de tintas imobiliárias.

Figura 3.6 – Critérios para a seleção de tintas imobiliárias



Fonte: o autor

Considerando as características mais relevantes para a construção civil, uma tinta decorativa deve possuir sob o aspecto econômico, um bom preço inicial e proporcionar baixos ou nenhum custo de manutenção. Em relação às funções inerentes a qualidade, as tintas possuem a marca, que incorpora diversos critérios relativos à qualidade de desempenho, a estética, que deve ser agradável e o processo de aplicação, que deve ser simples (ROCHIKASHVILI; BONGAERTS, 2016). Todas essas características pertencem ao *cluster* de critérios associados à construção civil.

Ao mesmo tempo, existem os critérios relativos às dimensões da sustentabilidade, que avaliam a importância que os profissionais da construção civil despendem a essa questão. Os critérios listados no cluster relativo à sustentabilidade consideram como fatores relevantes as baixas emissões de gases prejudiciais à atmosfera, baixa ou nenhuma presença de substâncias tóxicas nocivas a saúde humana, longa durabilidade, baixa energia despendida para a produção do material e pouca geração de resíduos (ROCHIKASHVILI; BONGAERTS, 2016). Todos estes critérios foram apresentados ao respondente e foi solicitado o ranqueamento destes fatores, com base em priorização ordinal de 1 a 10, considerando a primeira posição como prioridade máxima e a décima como mínima (Questão 1 – questionário). A partir deste ranqueamento foi possível aplicar o método da análise hierárquica de critérios descrito nos parágrafos anteriores.

Definido o método MAH como mecanismo utilizado no processo de apoio a tomada de decisão e identificação dos interesses diante dos critérios, seguiu-se então, este modelo como forma de mapear a percepção de especialistas sobre conceitos relativos à sustentabilidade em tintas imobiliárias.

Na Questão 1, proposta no questionário, os arquitetos e engenheiros civis foram convidados a fazer a priorização ordinal destes critérios, considerando a posição de número 1 a mais importante e a de número 10 a posição menos importante. Para melhor entendimento das matrizes descritas, a seguir, foi necessário definir as referências que foram utilizadas para os critérios, as quais se encontram na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Referências para os critérios

<b>CRITÉRIOS</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
MARCA	MAR
LONGA DURABILIDADE	DUR
PREÇO	PR
ESTÉTICA	EST
PROTEÇÃO CONFERIDA	PROT
BAIXA TOXICIDADE	TOX
CUSTO DE MANUTENÇÃO	MAN
BAIXAS EMISSÕES	EMI
GESTÃO DE RESÍDUOS	RESI
BAIXA ENERGIA INCORPORADA	ENER

Fonte: o autor (2023)

As comparações par a par foram convertidas em matrizes para os 30 respondentes da amostra. Em seguida, cada matriz foi normalizada. Foram calculadas as médias aritméticas (Vetor Prioridade) de cada critério, para cada respondente, considerando-se as matrizes normalizadas, com a fórmula MÉDIA do Excel.

A matriz do auto vetor foi obtida com a multiplicação da matriz do vetor prioridade com cada linha da matriz original (não normalizada), para cada critério, por respondente, utilizando-se a função MATRIZMULTI do Excel. Em seguida, foram calculadas as médias aritméticas do somatório do total de respondentes, tomando-se como base as 30 matrizes originais, não normalizadas.

O MAH permite, ao final do processo, verificar possíveis inconsistências de julgamento. Para tal, faz-se necessário descobrir o índice de consistência (IC) que, segundo Costa (2002), é obtido pela Eq.(5) apresentada a seguir.

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n-1)} \quad (5)$$

Onde:

$n$  representa a ordem da matriz;

$\lambda_{\text{máx}}$  - o maior autovalor da matriz.

O primeiro passo, segundo Gomes (2014), é criar uma matriz auxiliar (MA), que seria réplica do original, sendo que as prioridades médias entrariam multiplicando os valores das colunas. Em seguida, os resultados das linhas serão somados obtendo-se um vetor auxiliar. Posteriormente, é realizada a divisão desse vetor auxiliar pelo vetor das prioridades, obtendo-se um vetor final. O  $\lambda_{\text{máx}}$  é obtido por meio da soma dos valores desse vetor final dividido pela ordem da matriz.

Para avaliação do índice de consistência (IC) de julgamentos, Saaty (2008) propõe que este seja comparado a um índice randômico (IR), que desenvolveu em laboratório por meio de experimentos aleatórios para testar a consistência de um número grande de comparações paritárias. A Tabela 3.9 apresenta os valores dos índices randômicos de acordo com a ordem da matriz.

Tabela 3.9 - Índices randômicos

ORDEM DA MATRIZ	ÍNDICE RANDÔMICO
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Fonte: o autor (2023)

A comparação se dá por meio da razão entre o índice de consistência e o índice randômico, denominada de razão de consistência (RC).

Para o tratamento dos dados obtidos por meio das outras questões propostas no questionário (Da questão 2 até a 9), foram aplicados métodos estatísticos (porcentagem) e a técnica de análise de conteúdo. Segundo Bardin (2011), esta a técnica de análise de conteúdo consiste em um conjunto de ferramentas com o objetivo de análise de comunicações, que emprega procedimentos sistemáticos e objetiva a descrição do conteúdo das mensagens. Já na visão de Krippendorff (2012), a técnica é um método de avaliação de pesquisa para realização de hipóteses replicáveis e válidas a partir de documentos (ou outro material significativo) para

os contextos de utilização. De uma forma mais sucinta, Fischer e Gazzola (2006) definem análise de conteúdo como uma ferramenta de pesquisa utilizada, para identificação de frequência e natureza de certos conceitos ou termos presentes em textos.

Segundo Chizzotti (2008), o fragmento singular do texto é o critério fundamental, ou seja, a palavra, termo ou lexema. Por outro lado, Chizzotti (2008) reconhece que eleger categorias é fundamental para se alcançar os objetivos que se busca. Deste modo, as palavras estão agrupadas em torno de categorias, ou seja, de um conceito ou característica, com um grau de generalidade, que confere unidade a uma reunião de palavras ou a um campo de conhecimento, em função do qual o conteúdo é qualificado.

Bardin (2011) explica que as categorias podem ser definidas previamente ou vir a serem definidas ao longo do processo de estudo, por meio da reunião de termos que possuem afinidades. Os constructos podem ser os utilizados na pesquisa, ou podem surgir no decorrer dela. Assim, as categorias são determinadas a partir de um processo iterativo.

### **3.2.4 Pesquisa experimental**

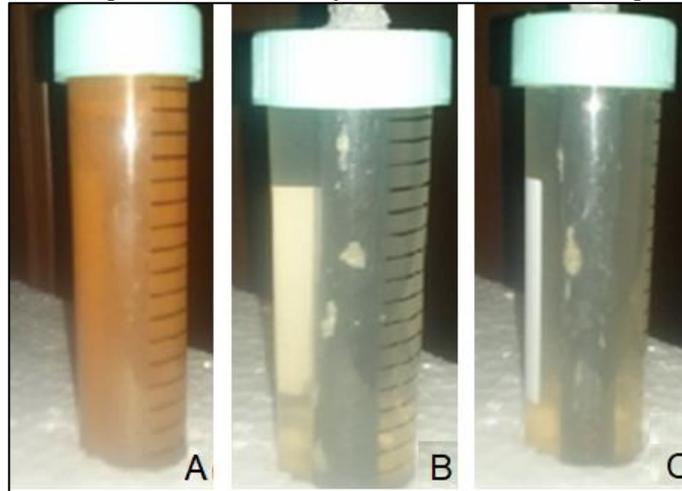
As ideias que nortearam o desenvolvimento de uma tinta com COVs (compostos orgânicos voláteis) igual a zero a base de silicato de sódio em comparação com outras tintas existentes no mercado estão centradas nos seguintes pontos:

As ideias que nortearam o desenvolvimento de uma tinta com COVs (compostos orgânicos voláteis) igual a zero a base de silicato de sódio em comparação com outras tintas existentes no mercado estão centradas nos seguintes pontos:

- Considerando a expertise do autor nas avaliações com soluções de silicato de sódio na proteção anticorrosivas em aço carbono e em concreto armado conforme mostram o excelente desempenho desta solução nas Figuras 3.8 e 3.7, a seguir;
- Considerando que o mecanismo de barreira à base de silicato de sódio poderia funcionar satisfatoriamente como uma tinta aplicada para fins arquitetônicos;
- Considerando que o silicato de sódio é um constituinte inorgânico, de baixo custo e o solvente é a água;
- Em termos de sustentabilidade o uso de silicato de sódio não acarreta danos consideráveis ao meio ambiente (OSPAR, 2021) e não provoca doenças ocupacionais como é o caso de solventes orgânicos aromáticos (benzeno, tolueno, etc.) e solventes organoclorados (clorobenzeno, etc.);

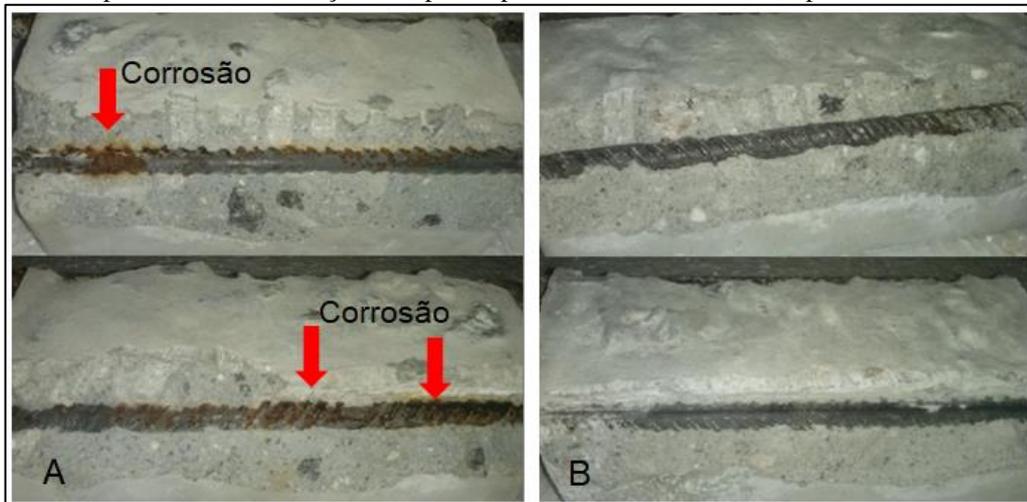
- Optou-se por uma tinta formulada a base silicato de sódio com pigmento inorgânico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), o solvente água e sem aditivos orgânicos que pudessem contribuir na produção de COV.

Figura 3.7 - Aspecto das barras de aço imersas em meio salino após 90 dias



Fonte: o autor (2017) / Legenda: A (sem massa de silicato aderida à superfície); B e C (com massa rígida de silicato aderida à superfície)

Figura 3.8– Aspecto das barras de aço de corpos de prova de concreto armado, após 90 dias em meio salino



Fonte: o autor (2023) / Legenda: A (sem massa de silicato aderida à superfície e o aparecimento de pontos de corrosão); B (com massa rígida de silicato aderida à superfície e ausência de pontos de corrosão)

#### 3.2.4.1 Formulação da tinta à base de silicato

As substâncias que foram utilizadas para a produção do protótipo da tinta são o silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) e óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e água. As características típicas do  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  e do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são apresentadas a seguir na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Propriedades físico-químicas das substâncias

<b>Propriedades físico - químicas</b>	<b>Silicato de Sódio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)</b>	<b>Óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>
pH	10,50 - 12,00	-
Ponto de ebulição	110°C	3414°C
Ponto de fusão	10°C	900°C
Ponto de fulgor	Não aplicável	1100°C
Densidade	1,560 a 1,585 (a 20°C)	0,20 - 1,00
Pressão de vapor	Não disponível	Não aplicável
Solubilidade	Miscível em água	Insolúvel em água

Fonte: FISPQ - UNICAMP

As substâncias químicas e a função que cada uma desempenha na composição da tinta estão listadas na Tabela 3.11 a seguir.

Tabela 3.11 - Composição química da tinta produzida

<b>Componentes da tinta</b>	<b>Tinta Laranja</b>
Solvente	Água destilada
Resina	Silicato de Sódio (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )
Pigmento	Óxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )

Fonte: o autor

Para estabelecer a composição percentual mássica da tinta a ser formulada foram realizadas várias misturas experimentais com base em 10 g e utilizando um recipiente de 20 mL e obedecendo a Tabela 3.12. As misturas foram homogeneizadas utilizando um agitador mecânico. Nesta avaliação inicial, ou seja, as tintas experimentais foram aplicadas nos substratos, e a seguir, para escolha da melhor composição mássica da tinta foram utilizados o método de secagem ao toque e a determinação da perda de massa após a colocação em estufa a 110°C. Os parâmetros de aferição experimental foram o menor tempo de secagem e a menor perda de massa.

Tabela 3.12 - Formulação experimental da tinta de silicato de sódio

Experimento	Silicato de sódio (g)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Água (g)
01	7,0	2,5	0,5
02	6,5	3,0	0,5
03	6,0	3,0	1,0
04	5,5	3,5	1,0
05	5,0	4,0	1,0
06	5,0	3,5	1,5

Fonte: o autor (2023)

### 3.2.4.2 Ensaio de viscosidade da tinta à base de silicato

O copo Ford de viscosidade é geralmente usado para a determinação da viscosidade de tintas, vernizes e outros líquidos Newtonianos relacionados. Os protocolos para os métodos de ensaio são fornecidos pela norma ASTM D 1200. Se o material for não-Newtoniano, o copo Ford pode ser usado de acordo com o método de ensaio ASTM D 2196. As normas citadas são equivalentes a versão brasileira ABNT NBR 5849:1986.

O copo está disponível em conjuntos de tamanhos diferentes, especificados por uma norma internacional (ISO 2431). O tamanho do orifício é selecionado para cada amostra para dar um tempo de escoamento entre 20 e 100 s. O copo escolhido para a realização do ensaio foi o de nº 5 (5,20mm).

O teste de viscosidade é baseado em um instrumento denominado de viscosímetro. O viscosímetro é constituído de um copo de alumínio com altura, diâmetro e orifício predeterminados. Para medir a viscosidade, o copo é completamente imerso na amostra, retirado e o tempo para o escoamento através do orifício no fundo do copo é medido. A Tabela 3.13, a seguir, apresenta a conversão do tempo de escoamento em viscosidade, para cada tipo de copo.

Tabela 3.13 - Conversão dos segundos do copo *Ford*

Número do copo	Equação da viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)	Tempo de escoamento(s)		Viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	
		Min.	Max.	Min.	Max.
1	$v=0,49(t-35,00)$	55	100	10	35
2	$v=1,44(t-18,00)$	55	100	10	35
3	$v=2,31(t-6,58)$	20	100	49	220
4	$v=3,85(t-4,49)$	20	100	70	370
5	$v=12,10(t-2,00)$	20	100	200	1200

Fonte: Adaptado de ISO 2431:2019

O ensaio constou, essencialmente, em adicionar a massa de tinta no viscosímetro copo *Ford* com o orifício (5,20 mm) em latão nº 5, marca NALGON e determinar o tempo de escoamento utilizando a norma NBR 5849:1986 (ABNT, 1986), que foi calculado em triplicata e a média aritmética foi utilizada para o cálculo da viscosidade cinemática.

#### 3.2.4.3 Determinação do pH da tinta à base de silicato

A determinação dos valores de pH da amostra de tinta a base de silicato de sódio utilizou-se o medidor de pH MYLABOR. Foram registrados o valor inicial e os valores medidos após 24,48 e 96 horas.

#### 3.2.4.4 Determinação do ponto de fulgor da tinta a base de silicato e de tintas comerciais

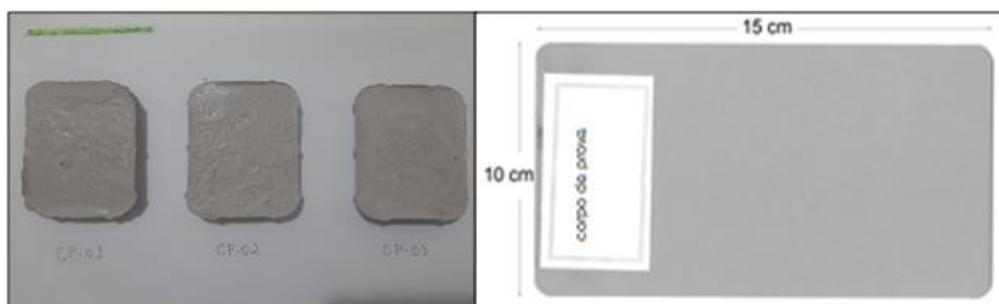
A norma ABNT NBR 5842:2015 (ABNT, 2015) estabelece a determinação do ponto de fulgor em tintas, vernizes ou resinas, ou produtos similares, ensaiados pelo método de vaso fechado. O ponto de fulgor é também conhecido como ponto de inflamação é o processo na qual a menor temperatura de um líquido inflamável ou combustível desprende vapores em valores suficientes para que a mistura vapor-ar, acima de sua superfície, propague uma chama a partir de uma fonte de ignição (chama piloto). A Norma ASTM D93-15 (ASTM, 2015) também é equivalente à norma brasileira.

Utilizando o equipamento marca Quimis 292A para determinar o ponto de fulgor da tinta de silicato de sódio e comerciais, mantendo o aquecimento gradual da tinta de 25°C até 150°C.

#### 3.2.4.5 Ensaio de aderência da tinta à base de silicato

Para os ensaios de aderência foram utilizados três corpos de prova (CP) de substrato de argamassa pronta utilizada para revestir alvenaria, com dimensões aproximadas de 15,00 cm de comprimento, 10,00 cm de largura e 2,00 cm de espessura. Para o mesmo ensaio, foram utilizados também corpos de prova de substrato de aço carbono com dimensões aproximadas de 15,00 cm de comprimento, 10,00 cm de largura e 0,20 cm de espessura (Figura 3.9). Antes da aplicação da tinta nas superfícies dos corpos de prova, estas foram higienizadas, com papel toalha, para que fossem eliminados possíveis resíduos presentes nos substratos.

Figura 3.9 – Corpo de prova de aço carbono usado para ensaios da tinta



Fonte: o autor (2023)

Na avaliação da aderência, foi realizado o ensaio normatizado pela ABNT NBR 11003:2010. Os métodos escolhidos para o ensaio foram o corte em “X” (Método A) e o corte em grade (Método B).

O ensaio referente ao Método A consiste em realizar dois cortes de 40 mm de comprimento cada um, interceptados ao meio, formando o menor ângulo entre  $35^\circ$  e  $45^\circ$ , devendo os cortes alcançar o substrato em apenas um movimento uniforme e contínuo. Após a realização do procedimento, foi necessário verificar se o substrato foi atingido, com auxílio de uma lupa com aumento mínimo de sete vezes, observando-se o brilho nos cortes. Caso o substrato não fosse alcançado, seria necessário escolher outro local e executar novos cortes. Para o teste, removeu-se, de maneira uniforme e contínua, 10 cm de fita aplicada no centro da interseção, na direção dos ângulos menores. A fita foi alisada com o dedo na área das incisões e em seguida esfregada firmemente a borracha no sentido longitudinal, para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada. A fita foi removida no intervalo de 1 min a 2 min da aplicação, puxando-a firme e continuamente com uma velocidade aproximada de 20 cm/s e um ângulo próximo de  $180^\circ$  quanto possível. A avaliação foi realizada a partir da Tabela A.1, que apresenta os padrões de destacamento na interseção e da Tabela A.2, que apresenta os padrões de destacamento ao longo das incisões. As Tabelas citadas estão disponibilizadas no anexo A da ABNT NBR 11003:2010.

O ensaio referente ao Método B consiste na execução de cortes cruzados em ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados. Os cortes foram realizados com pressão normal e não através de impulsos, através de movimento uniforme e contínuo do dispositivo. Foram realizados cortes na diagonal e transversal sobrepondo os mesmos. Na área de encontro destes cortes colocou-se uma fita adesiva, semitransparente e filamentosa. Após pressionar a fita nas áreas de corte, removeu-se a fita no intervalo de 1 a 2

minutos, puxando de maneira firme e continua em ângulo mais próximo à 180°. Os resultados foram avaliados de acordo com a Tabela A.3, apresentada no anexo A da ABNT NBR 11003:2010, que apresenta os padrões de destacamento na área quadriculada.

Os equipamentos e instrumentos que foram necessários para a realização do experimento são: dispositivo de corte com 17 mm de largura, conjunto de seis gumes com distância de 2 mm, fita adesiva, com 25 mm e espessura de 0,2 mm, medidor de espessura de película seca, guia ou gabarito para traçar o corte, borracha e lupa com aumento de sete vezes.

#### 3.2.4.6 Ensaio de teor de voláteis da tinta à base de silicato e de tintas comerciais

Os corpos de prova que foram utilizados nos ensaios de teor de voláteis são placas de acrílico de dimensões aproximadas de 5,00 cm de comprimento, 5,00 cm de largura e 0,30 cm de espessura. (Figura 3.10).

Figura 3.10 – Corpo de prova placa de acrílico



Fonte: o autor (2023)

O ensaio de perda de massa tem por finalidade determinar a porcentagem de voláteis que é emitida por cada amostra de tinta no tempo. Foram coletadas três amostras de 5 marcas de tintas comerciais analisadas na etapa documental da pesquisa (A, B, C, D e E) e três amostras do protótipo da tinta à base de silicato de sódio, totalizando 18 amostras de tintas. Para a realização do ensaio, as placas foram higienizadas, com papel toalha, para que fossem eliminados possíveis resíduos presentes na superfície. Após a limpeza dos corpos de prova, foram registradas três medidas de massa, para cada placa. Entre cada medida de massa, foi necessário zerar novamente a balança.

As amostras foram aplicadas sobre a superfície da placa de acrílico. A espessura da camada de tinta considerada será de 600 µm e esta foi aplicada com um mini rolo de tinta, contendo aproximadamente 1g do material (Figura 3.11).

Figura 3.11 – Corpos de prova ensaio visando determinação do teor de voláteis



Fonte: o autor (2023)

Após a realização deste procedimento, a massa do conjunto foi monitorada, em balança previamente calibrada, por 5 horas. As medidas foram registradas de 5 em 5 minutos, durante a primeira hora. Posteriormente, foram registradas medidas a cada 10 minutos, até completar 2 horas. E para finalizar as medições, foram registradas medidas a cada 20 minutos até completar às 5 horas determinadas como o tempo do ensaio. O laboratório, onde irá ocorrer o experimento, teve temperatura e umidade controladas. Os equipamentos e instrumentos que foram necessários para a realização do experimento são: as placas de acrílico, mini rolo, espátula ou colher e balança de precisão 0,001g.

Em relação às amostras de tintas, foi necessária a realização de mistura, com uma colher ou espátula, a fim de garantir que a massa de tinta esteja completamente homogeneizada.

Para a determinação da perda de massa das amostras de tinta aplicadas sobre os corpos de prova, foi realizado o seguinte cálculo:

$$M_{TF} - M_{TS} = M_V \quad (5)$$

Onde:

$M_{TF}$  = Massa do conjunto placa + tinta fresca, em g;

$M_{TS}$  = Massa do conjunto placa + tinta seca, em g;

$M_V$  = perda de massa, em g.

Para a determinação da massa da placa de acrílico foi considerada a média aritmética das massas registradas pela balança antes da aplicação da camada de tinta. Esse cálculo permitiu definir com maior precisão a massa de tinta aplicada sobre cada placa.

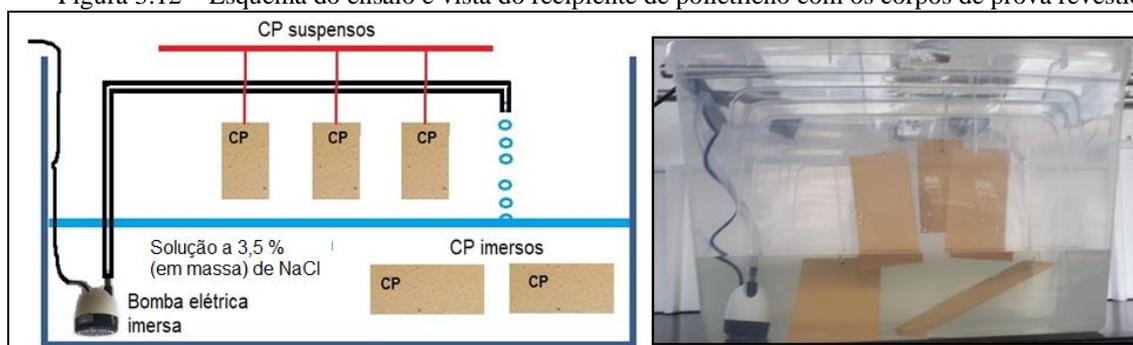
A partir da determinação da massa de tinta fresca e da massa de tinta seca, foi possível calcular a massa de voláteis. Em posse destes dados, foi possível calcular qual porcentagem da massa de tinta é emitida e traçar curvas que descrevem a porcentagem de massa de tinta ao longo do tempo e verificar o teor de voláteis.

#### 3.2.4.7 Ensaio de corpos de prova de aço carbono revestidos com a tinta à base de silicato em condições de alta salinidade

As avaliações comparativas do desempenho da tinta a base de silicato de sódio aplicadas em corpos de prova de aço carbono, os mesmos utilizados para os ensaios de aderência, em condições salinas (3,5 % em massa de NaCl) foram conduzidas num recipiente de 50 litros de capacidade e com circulação contínua de água salgada por meio de uma bomba elétrica (100 L/h) conforme mostra a Figura 3.12. A Figura 3.13 apresenta o interior do recipiente de polietileno onde corpos de provas estão suspensos (em contato com umidade e salinidade) e outros corpos de prova imersos na solução salina.

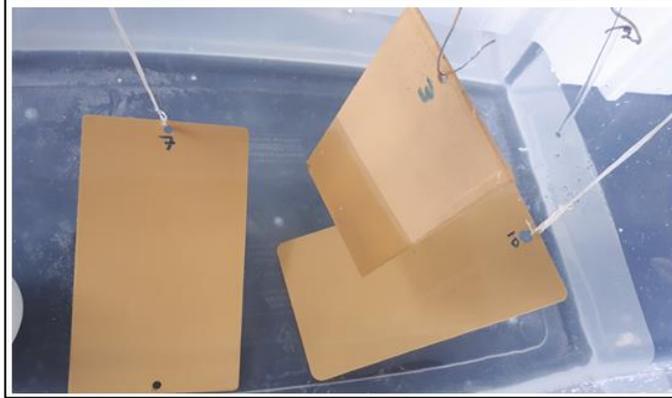
Foram utilizados neste ensaio 10 corpos de prova sendo 6 suspensos e 4 imersos. Os corpos de prova suspensos, dois tiveram aplicação de uma demão com 75  $\mu\text{m}$  e quatro com duas demãos de 75  $\mu\text{m}$  totalizando 150  $\mu\text{m}$ . Nos corpos de prova imersos, dois tiveram aplicação com uma demão de 75  $\mu\text{m}$  e dois com duas demãos totalizando 150  $\mu\text{m}$ . Em três corpos de prova suspensos e em dois imersos foram realizadas incisões em X. Os corpos de prova foram retirados após 48 e 96 horas para análise e avaliação das superfícies.

Figura 3.12 – Esquema do ensaio e vista do recipiente de polietileno com os corpos de prova revestidos



Fonte: o autor (2023)

Figura 3.13– Vista dos corpos de prova revestidos no interior do recipiente



Fonte: o autor (2023)

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados alcançados a partir da realização da pesquisa bibliométrica, pesquisa documental, pesquisa de levantamento e pesquisa experimental, integralizando os objetivos específicos apresentados no Capítulo 1.

### 4.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

#### 4.1.1 Análise de citação

A Tabela 4.1 apresenta um resumo das principais informações das 773 publicações analisadas. No total, foram identificados 2.263 autores, com uma média de aproximadamente 0,34 documentos por autor, e o índice de colaboração (média de autores que colaboraram em uma publicação) foi de 3,65.

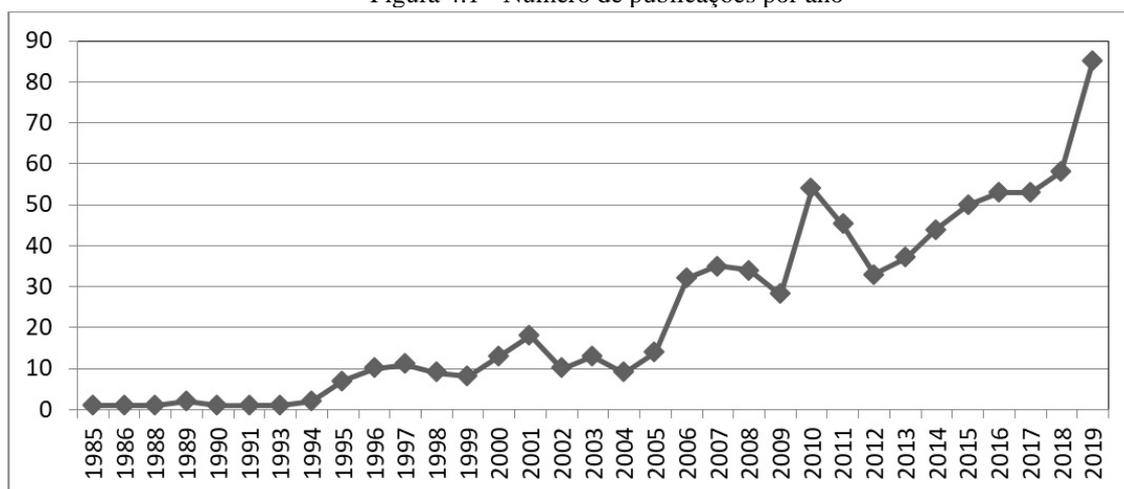
Tabela 4.1 - Principais informações das publicações

<b>Categoria</b>	<b>Dados</b>	<b>Categoria</b>	<b>Dados</b>
Intervalo de Tempo	1985:2019	Autores	2263
Fontes	449	Autores de documentos de autoria única	162
Documentos	773	Autores de documentos de autoria múltipla	2101
Média de publicação por ano	9,87	Documentos de autoria única	199
Média de citação por documento	15,67	Documentos por autor	0,34
Média de citações por ano por documento	1,66	Autores por documento	2,92
Palavras-chave plus	5791	Coautores por documento	3,51
Palavras-chave dos autores	1953	Índice de colaboração	3,65

Fonte: O autor (2023)

A evolução do número de publicações por ano é apresentada na Figura 4.1. Em 1985, foi identificada a primeira publicação. Até 1994, o número de publicações era pequeno, com média de uma publicação por ano. O aumento no número de publicações teve início em 1994 e atingiu seu valor máximo em 2019, totalizando 85 publicações no ano.

Figura 4.1 - Número de publicações por ano



Fonte: O autor (2023)

A distribuição dos documentos por fonte listou 449 periódicos diferentes, demonstrando a grande variedade de fontes multidisciplinares. As fontes com mais publicações são apresentadas na Tabela 4.2 em ordem decrescente das publicações com seus respectivos fatores de impacto no ano de 2019 e, posteriormente, aquele calculado nos últimos 5 anos. Vale ressaltar que os periódicos com mais publicações estão relacionados às tintas e revestimentos sustentáveis, incluindo anticorrosivo e anti-incrustante, polímeros, produção mais limpa, gestão ambiental e avaliação do ciclo de vida. No entanto, os dois principais periódicos *Progress in Organic Coatings* e *Journal of Coatings Technology and Research*, juntos, respondem por mais de 40% do total de publicações. Dentre os periódicos apresentadas, pode-se observar que predominam aqueles voltados ao estudo de tecnologias aplicadas as tintas, resinas e pigmentos, e em menor quantidade, mas com pequena diferença, revistas relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

O fator de impacto é um índice que indica o grau de importância de um determinado periódico e, conseqüentemente, de seus artigos. Este indicador é medido anualmente pela Thomson Reuters por meio do *Journal Citations Report (JCR)*. A relevância da produção científica mundial baseia-se neste parâmetro.

Dentre os periódicos com maior fator de impacto, ou seja, com maior influência, destacam-se *Journal of Cleaner Production*, *Science of the Total Environment* e *Progress in Organic Coatings*.

Tabela 4.2 - Periódicos mais relevantes identificados

<b>Fontes</b>	<b>Documentos</b>	<b>Fator de impacto 2019</b>	<b>Fator de impacto – 5 anos</b>
Progress in Organic Coatings	34	4,469	4,061
Journal of Coatings Technology and Research	15	1,815	2,058
Pigment & Resin Technology	12	0,893	0,847
Journal of Cleaner Production	11	7,246	7,491
Sustainability (Switzerland)	10	2,576	2,798
Coatings tech	9	0,101	0,062
Journal of Applied Polymer Science	8	2,520	2,257
International Journal of Life Cycle Assessment	7	4,307	4,842
Science of the Total Environment	6	6,551	6,419
Anti-Corrosion Methods and Materials	5	1,196	1,003

Fonte: O autor (2023)

Os autores com mais produções entre os artigos identificados são apresentados na Tabela 4.3, juntamente com seu índice h. Foi realizada uma classificação para identificar quais artigos abordam questões relacionadas à sustentabilidade industrial aliadas a questões relacionadas ao estudo de tintas industriais, com maior interesse em publicações que abordam tintas arquitetônicas. A classificação foi realizada a partir dos títulos, palavras-chave e resumos dos documentos. Esses resultados são apresentados nas colunas, que representam o número de publicações, índice h, número de documentos de autoria relacionados à Sustentabilidade Industrial (SI) e o número de publicações classificadas por tipo de tinta.

As colunas mostram a quantidade de documentos relacionados a tintas imobiliárias (TI), tintas anticorrosivas (TAC), tintas anti-incrustantes (TAI) e Polímeros (P), que são os tipos de tinta que aparecem em maior número. Após a análise dos dados, observou-se que das 113 publicações identificadas, 73 abordam a temática da sustentabilidade industrial aliada ao tema tintas, o que corresponde a 64% dos documentos. Foram identificadas 16 publicações relacionadas às tintas arquitetônicas, correspondendo a 14% do total. O tema sustentabilidade industrial aparece em 15 delas, o que corresponde a 94% destas publicações. Observou-se também que dos 13 autores identificados, seis têm maior número de publicações relacionadas a tintas anticorrosivas, três relacionadas a tintas anti-incrustantes, dois relacionados a tintas arquitetônicas e dois têm o mesmo número de publicações em diferentes tipos de tintas. Os autores com o índice h mais alto, representando o impacto das citações em publicações, são Ahmad S. e Wang J.

Tabela 4.3 - Autores com maiores números de publicações

<b>Autor</b>	<b>Documentos</b>	<b>h-index</b>	<b>SI</b>	<b>TI</b>	<b>TAC</b>	<b>TAI</b>	<b>P</b>
Ahmed N.	22	12	8	-	22	-	-
Selim M.	12	14	5	-	7	5	-
Blustein G.	11	13	7	-	3	8	-
Abd E W.S	8	4	5	-	8	-	-
Challener C.	8	6	7	8	-	-	-
Wang J.	8	24	6	2	2	2	-
Garcia M.	7	7	6	-	-	7	-
Perez M.	7	7	4	-	-	7	-
Ahmad S.	6	34	3	1	3	-	3
Deflorian F.	6	1	5	-	6	-	-
Delamo B.	6	20	6	-	5	1	-
Romagnoli R.	6	23	5	-	4	1	-
Verkholantsev V.	6	5	6	5	-	-	1

Fonte: O autor (2023) / Legenda: Sustentabilidade industrial (SI), Tintas imobiliárias (TI), Tintas anticorrosivas (TAC), Tintas anti-incrustantes (TAI), e Polímeros (P)

Os dez principais países em número de publicações são apresentados na Tabela 4.4. Além do número de publicações, são apresentados os seguintes dados: frequência (porcentagem considerando publicações que possuem informações sobre o país de origem), índices de publicação individual (SCP), publicações multinacionais (MCP) e porcentagem de publicações internacionais feitas (MCP Ratio). Nessas análises, há um maior número de publicações nos EUA, Alemanha, China e Índia.

Tabela 4.4 - Países com maior número de publicações

<b>Países</b>	<b>Documentos</b>	<b>Frequência</b>	<b>SCP</b>	<b>MCP</b>	<b>MCP Ratio</b>
EUA	94	16,1%	92	2	2,1%
Alemanha	45	7,7%	45	0	-
China	43	7,4%	42	1	2,3%
Índia	35	6,0%	35	0	-
Reino Unido	34	5,8%	32	2	5,9%
Egito	30	5,2%	30	0	-
Itália	26	4,5%	26	0	-
Brasil	22	3,8%	22	0	-
França	19	3,3%	18	1	5,3%
Espanha	19	3,3%	19	0	-
Holanda	18	3,1%	18	0	-
Argentina	16	2,7%	16	0	-
Austrália	14	2,4%	11	3	21,4%
Coréia	14	2,4%	14	0	-
Turquia	14	2,4%	14	0	-

Fonte: O autor (2023) / Legenda: Publicações individuais (SCP), publicações multinacionais (MCP)

Para avaliação dos documentos mais citados, foi considerada a publicação que atingiu pelo menos 90 citações. Os primeiros 16 artigos mais citados são apresentados na Tabela 4.5. O maior número de citações foi obtido pelo artigo de Gallezot (2012), atingindo 1582 citações. É importante ressaltar que dois dos 16 artigos listados foram publicados na *Progress in Organic Coatings*.

A leitura desses artigos permitiu identificar as principais abordagens relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos químicos, no caso tintas, observando as dimensões da sustentabilidade industrial, conforme apresentado na coluna "Título". Os estudos de Mizutani (2006) e Kumar (2008), por exemplo, abordam novas alternativas para a composição de tintas arquitetônicas, a fim de obter tintas mais ecologicamente corretas.

Embora todos os artigos estejam relacionados a algum aspecto da sustentabilidade industrial, foi realizada uma identificação do tipo de tinta que é abordada no estudo, conforme mostrado na coluna "Área principal", com P (Polímeros), TI (tintas imobiliárias), TAC (tintas anticorrosivas) e TAI (tintas anti-incrustantes). Duas publicações tratam de tintas anticorrosivas (TAC), três tratam de tintas imobiliárias (TI), cinco tratam de polímeros (P) e seis tratam de tintas anti-incrustantes (TAI).

Dentre os 16 artigos, três abordam o tema sustentabilidade industrial aliado a tintas imobiliárias, correspondendo a 19% das publicações mais citadas, o que indica uma oportunidade de pesquisas sobre o tema e uma lacuna no conhecimento.

Tabela 4.5 - Publicações mais citadas

<b>Documento</b>	<b>Total de citações</b>	<b>Citações por ano</b>	<b>Título</b>	<b>Principal área</b>
Gallezot (2012)	1582	158,20	Conversion of biomass to selected chemical products	P
Kumar (2008)	741	52,93	Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil	TI
Vert (2012)	343	34,30	Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012)	P
Horacek (1996)	187	7,19	Advantages of flame retardants based on nitrogen compounds	P
Hellio (2001)	164	7,81	Inhibition of marine bacteria by extracts of macroalgae: potential use for environmentally friendly antifouling paints	TAI

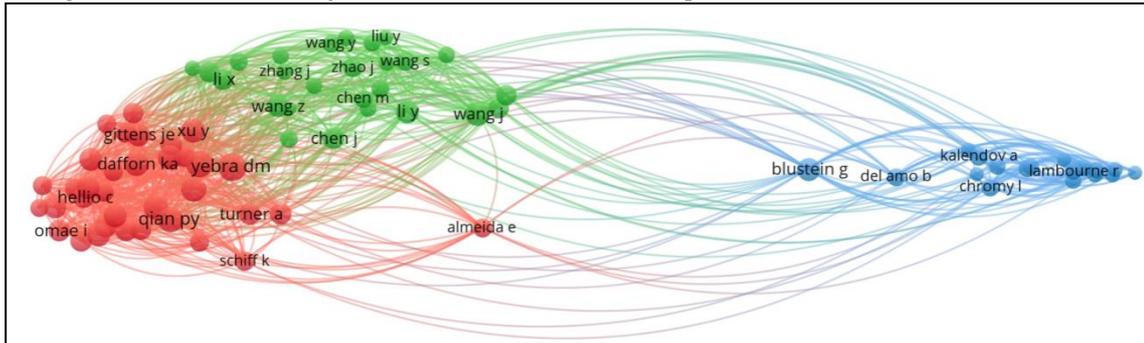
Alizeu (1998)	153	6,38	Tributyltin: case study of a chronic contaminant in the coastal environment	TAI
Pelletier (2007)	144	9,60	Impact categories for life cycle assessment research of seafood production systems: Review and prospectus	P
Burgess (2003)	136	7,16	The development of a marine natural product-based antifouling paint	TAI
Mizutani (2006)	109	6,81	Application of silica-containing nano-composite emulsion to wall paint: A new environmentally safe paint of high performance	TI
Cheng (2001)	108	5,14	Corrosion-resistant zeolite coatings by in situ crystallization	TAC
Srinivasan (2007)	105	7,00	Managing the use of copper-based antifouling paints	TAI
Armelin (2009)	104	8,00	Anticorrosion performances of epoxy coatings modified with polyaniline: A comparison between the emeraldine base and salt forms	TAC
Romeo (2013)	96	10,67	Impact of a cool roof application on the energy and comfort performance in an existing non-residential building. A Sicilian case study	TI
Schumacher (2008)	96	6,86	Engineered nanoforce gradients for inhibition of settlement (attachment) of swimming algal spores	TAI
Kiil (2001)	93	4,43	Analysis of self-polishing antifouling paints using rotary experiments and mathematical modeling	TAI
Guidetti (2016)	93	15,50	Flexible Photonic Cellulose Nanocrystal Films	P

Fonte: O autor (2023) / Legenda: Sustentabilidade industrial (SI), Tintas imobiliárias (TI), Tintas anticorrosivas (TAC), Tintas anti-incrustantes (TAI), e Polímeros (P)

#### 4.1.2 Análise de cocitação

A Figura 4.2 mostra o diagrama gerado a partir da frequência de cocitações pelo Bibliometrix e exportado para visualização no VOSviewer. Os autores de cada cluster no mapa de cocitação também são apresentados (Tabela 4.6).

Figura 4.2- Rede de cocitação de referências citadas no campo sustentabilidade industrial em tintas.



Fonte: O autor (2023).

Tabela 4.6 - Autores identificados na rede de cocitação de referências citadas na área de sustentabilidade industrial em tintas.

Cluster	Número de autores	Autores
Vermelho	35	Yebara, D; Schultz, M; Fusetani, N; Gian, P; Dobretsov, S; Hellio, C; Xu, Y; Chambers, L; Callow, M; Thomas, K; Dafforn, K; Konstantinou, I; Denys, R; Voulvoulis, N; Turner, A; Lejars, M; Salta, M; Perez, M; Almeida, E; Rittschof, D; Karlsson, J; Omae, I; Wahl, M; Alzieu, C; Schiff, K; Bressy, C; Gittens, J; Steinberg, P; Champ, M; Callow, J; Abarzua, S; Zhou, X; Detty, M; Fitridge, I; Clare, A.
Verde	26	Wang, J; Chen, J; Wang, Y; Liu, Y; Li, Y; Li, X; Wang, Z; Li, J; Selim, M; Chen, M; Chen, Y; Wang, S; Zhang, X; Zhang, J; Wang, Q; Kumar, A; Zhang, W; Ciriminna, R; Zhao, J; Chen, C; Lu, Y; Wang, X; Chattopadhyay; Peres, R; Zhao, Y.
Azul	19	Lambourne, R; Ahmed, N; Romagnoli, R; Kalendov, A; Kalendova, A; Deflorian, F; Forsgren, A; Blustein, G; Hare, C; Patton, T; Srensen, P; Chromy, L; Delamo, B; Buxbaum, G; Bohm, S; Emira, H; Zawadzki, M; Abdel-Ghaffar, A.

Fonte: O autor (2023)

O diagrama foi gerado considerando os 80 autores com maior frequência de citação, visando melhor visualização e compreensão, e que foram citados pelo menos 30 vezes entre as referências analisadas. Considerando os três clusters, oito autores estão listados na Tabela 4.5,

como autores com maior número de publicações: Ahmed, N; Saddle, M; Blustein, G; Wang, J; Perez, M; Deflorian, F; Delamo, B e Romagnoli, R.

Os autores com os links mais altos são YebraD.M. (51), Schultz M.P. (46), DobretsovS. (42), Qian P.Y. (40), Fusetani N. (39), Dafforn K.A. (39), e a ligação entre os três grupos é feita pelos autores Almeida E. e Wang J.

Questões relacionadas à sustentabilidade industrial em tintas foram identificadas nos três clusters, a partir da análise dos artigos que se referem aos autores citados na Figura 4.2. No entanto, foram observadas diferenças no direcionamento e no enfoque das abordagens. As publicações englobadas pelo cluster vermelho referem-se, em grande parte, ao estudo de biofilmes bacterianos para proteção anti-incrustante. Já as publicações abarcadas pelo cluster verde abordam principalmente o estudo de filmes eletrodepositados para proteção anticorrosiva de peças metálicas. E, por fim, as publicações do cluster azul enfocam em estudos de filmes orgânicos, em número considerável, para a área da construção civil.

#### **4.1.3 Análise de copalavra**

A Tabela 4.7 lista as principais palavras-chave identificadas. São seis colunas apresentadas, as três primeiras referentes às palavras-chave dos autores e as três últimas às palavras-chave relacionadas aos bancos de dados Scopus e Clarivate Analytics *Web of Science*. A classificação realizada para referenciar o tema principal associado à palavra-chave foi apresentada na coluna “Class”. A classificação utiliza S (Sustentabilidade), P (Tintas) ou “-”, este último corresponde ao fato de não haver relação direta com nenhum dos tópicos, e a coluna “Quantidade” mostra a frequência dessas palavras-chave.

Observou-se um equilíbrio na quantidade de publicações que possuem palavras-chave associadas ao tema tintas e sustentabilidade. Para as palavras-chave dos autores, há 11 palavras-chave associadas a tintas e 7 relacionadas à sustentabilidade, e para as palavras-chave do banco de dados, 9 foram associadas ao tema tinta e 8 foram associadas ao tema sustentabilidade. Além disso, a Tabela 4.7 também apresenta os principais temas associados ao estudo de tintas, como proteção anticorrosiva e anti-incrustante, e aqueles associados ao tema sustentabilidade industrial, como desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos, reciclagem e o estudo de compostos orgânicos voláteis (COVs).

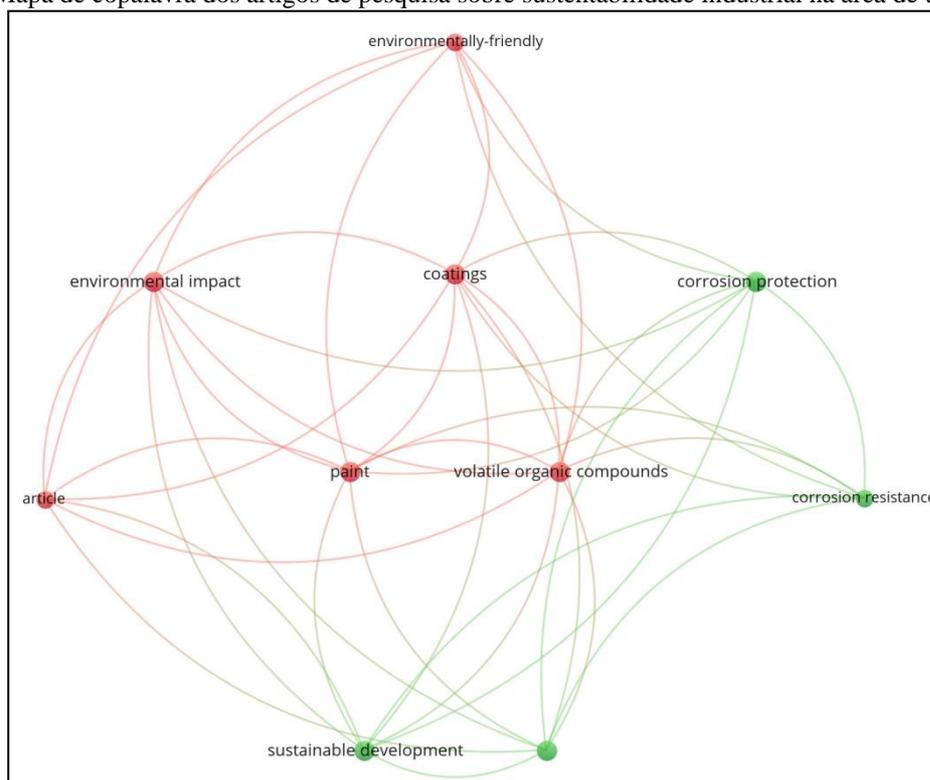
Tabela 4.7 - Palavras-chave mais relevantes associadas à sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas

<b>Palavras-chave autores</b>	<b>Cla ss.</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Palavras-chave associadas às bases Scopus e WOS</b>	<b>Cla ss.</b>	<b>Quantidade</b>
Sustainability	S	38	Paint	P	292
Antifouling	P	29	Sustainable Development	S	84
Paints	P	27	Article	-	81
Coatings	P	24	Coatings	P	80
Pigments	P	19	Biofouling	P	54
Corrosion Protection	P	17	Corrosion Resistance	P	50
Paint	P	17	Corrosion Protection	P	49
Corrosion	P	15	Environmental Impact	S	49
Environmentally Friendly	S	12	Environmental Protection	S	42
Coating	P	10	Environmentally Friendly	S	37
Recycling	S	10	Volatile Organic Compounds	S	37
Life Cycle Assessment	S	9	Recycling	S	36
Sustainable Development	S	9	Antifouling Paint	P	34
Biofouling	P	8	Copper	-	34
Corrosion Resistance	P	7	Corrosion	P	33
Green Chemistry	S	7	Scanning Electron Microscopy	-	32
Volatile Organic Compounds	S	7	Antifouling	P	31
Biofilm	P	6	Pigments	P	31
Copper	-	6	Eco- Friendly	S	30
Emissions	S	6	Sustainability	S	30

Fonte: O autor (2023) / Legenda: Sustentabilidade (S) e Tintas (P)

A análise das copalavras foi realizada a partir da elaboração de um dicionário que relaciona os principais conceitos identificados nos dados do artigo e posteriormente os termos foram padronizados. Usando a função Netmatrix, do Bibliometrix, foi possível gerar o mapa de copalavras. Em seguida, foi exportado para o VOSviewer para visualização e é apresentado na Figura 4.3. As palavras-chave utilizadas são do banco de dados e as 9 que atingiram a maior frequência de coocorrência foram selecionadas para melhor visualização.

Figura 4.3- Mapa de copalavra dos artigos de pesquisa sobre sustentabilidade industrial na área de tintas



Fonte: o autor (2023)

O uso de cores para diferenciar grupos serve apenas para fins de classificação, sem outros significados. Dois grupos foram identificados no total. O cluster vermelho tem seis termos relacionados a tintas e revestimentos imobiliários e sustentabilidade. Os termos identificados são tinta, revestimentos, impacto ambiental, compostos orgânicos voláteis ambientalmente corretos e artigo. O grupo verde tem termos relacionados principalmente a tintas anticorrosivas e sustentabilidade. Este grupo possui três termos, que são: proteção contra corrosão, resistência à corrosão e desenvolvimento sustentável.

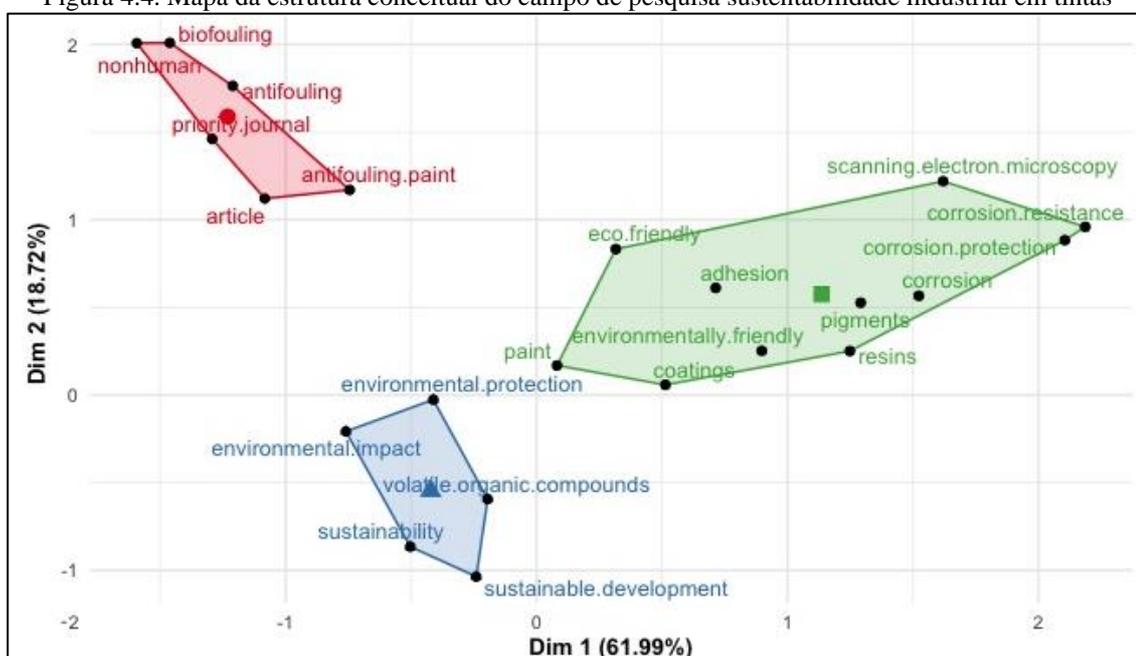
É possível observar que o cluster vermelho engloba mais termos do que o verde. O número de elos existentes está associado à medida do diâmetro de cada nó. A ligação entre os grupos é feita pelos termos centrais que também apresentam maior número de ligações, que são revestimentos (9), tinta (9) e os compostos orgânicos voláteis (9).

As pesquisas englobadas pelo cluster vermelho podem estar associadas ao desenvolvimento de tintas e revestimentos imobiliários ecologicamente corretos, já os estudos englobados pelo grupo verde, podem estar relacionados a estudos que abordem o desenvolvimento sustentável em tintas anticorrosivas.

A Figura 4.4 mostra o mapa da estrutura conceitual da área científica relacionada ao tema da sustentabilidade industrial em tintas, gerado a partir da função de estrutura conceitual do Bibliometrix. O mapa foi obtido por meio de análises de correspondência múltipla (MCA) e clusters que expressam conceitos comuns (ARIA; CUCCURULLO, 2017; SHI *et al.*, 2020).

A seleção das palavras-chave foi realizada no banco de dados e apenas aquelas que atingiram no mínimo 26 ocorrências foram plotadas, visando a melhor visualização possível (Figura 4.4). Três grupos foram criados pelo Bibliometrix, e são identificados pelas cores verde, vermelho e azul.

Figura 4.4. Mapa da estrutura conceitual do campo de pesquisa sustentabilidade industrial em tintas



Fonte: o autor (2023)

Percebe-se que o grupo verde apresenta o maior número de termos, totalizando 11 palavras-chave. Os termos que compõem o grupo referem-se aos revestimentos anticorrosivos ecologicamente corretos. Pode-se atribuir a esse grupo pesquisas relacionadas a alternativas de tintas anticorrosivas menos nocivas ao meio ambiente, visto que as formulações tradicionais apresentam altos níveis de toxicidade.

O grupo verde, entre os três grupos, também apresenta as palavras-chave mais distantes entre si, o que indica menor semelhança, ou seja, maior diversidade em sua distribuição. Além dessa constatação, por meio da distribuição dos dados, é possível verificar que o grupo verde é o que mais contribui para a dimensão 1.

O cluster vermelho possui 6 palavras-chave e apresenta termos que geralmente estão relacionados com o tema de tintas anti-incrustantes. Este cluster possivelmente se refere a publicações que tratam do desenvolvimento de tintas anti-incrustantes, utilizando conceitos de sustentabilidade. Possui boa contribuição para a dimensão 2.

O cluster azul é formado por 5 palavras-chave que contêm termos possivelmente mais relacionados à sustentabilidade em tintas e revestimentos imobiliários. Além disso, esse cluster é o que apresenta a maior aproximação entre os termos, demonstrando que são semelhantes. Também é possível observar que o cluster contribui negativamente em ambas às dimensões. A adequação de um modelo ou quão próximo dos valores reais o modelo proposto está, é mostrado pelos percentuais de cada dimensão, que representam a variância explicada. (NAKAGAWA; SCHIELZETH, 2013).

#### 4.2 PESQUISA DOCUMENTAL

A Tabela 4.8, a seguir, apresenta os dados coletados referentes aos parâmetros ecológicos.

Tabela 4.8 – Análise de parâmetros ecológicos

Marca	PARÂMETROS ECOLÓGICOS											
	Produção de gases tóxicos na queima			Nocividade aos organismos aquáticos			Biodegradabilidade			Bioacumulação		
	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI
<b>A</b>	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X
<b>B</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X
<b>C</b>	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X
<b>D</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X
<b>E</b>	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X
<b>F</b>	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-
<b>G</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>H</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>I</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>J</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X
<b>K</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X
<b>L</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>M</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X
<b>N</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-

<b>O</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X
<b>P</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X
<b>Q</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>R</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>S</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-
<b>T</b>	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-

Fonte: o autor (2023) / Legenda: S (Sim), N (Não) e NI (Não informado)

A avaliação das informações disponibilizadas revelou que 100% dos exemplares de tintas imobiliárias analisados produzem gases tóxicos em caso de incêndio. A inalação de gases tóxicos que ocorre durante a combustão provoca mais fatalidades do que queimaduras (GELDNER, 2013; STOLL *et al.*, 2017).

O monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são os únicos gases citados como produtos de decomposição resultantes da combustão dos compostos orgânicos presentes nas composições. Porém, a partir da análise das substâncias químicas utilizadas nas formulações, observou-se a presença do polímero poliuretano em parte dos exemplares. A queima deste componente produz o gás cianeto de hidrogênio (HCN) (STOLL *et al.*, 2016).

A liberação CO<sub>2</sub> contribui para o aumento da poluição atmosférica e conseqüentemente para o aquecimento global, já que este gás é um dos principais potencializadores do efeito estufa (UNGER, 2014). A produção de CO também contribui significativamente para a poluição atmosférica. De acordo com a OMS, este gás está entre os seis principais contaminantes do ar. (SINGH; YADAV; PANDIAN, 2021).

O monóxido de carbono é conhecido principalmente por suas propriedades tóxicas quando inalado em grandes quantidades. A intoxicação por CO, que ocorre frequentemente em incêndios e outros acidentes, é o tipo mais comum de intoxicação química com maior risco de morte (MAO *et al.*, 2023).

Embora o CO seja considerado o principal agente tóxico letal, o HCN pode ser um importante fator contribuinte que causa incapacitação, morbidade e mortalidade em incêndios domésticos (GIEBUTTOWICZ *et al.*, 2017). O estudo da intoxicação por cianeto de hidrogênio (HCN), por meio da inalação de fumaça em edifícios vem recebendo atenção especial no que se refere à causa de lesões e mortes. (SON *et al.*, 2021; MANILA, 2021; LULEA; IORDACHE; NASTASE, 2021).

A combinação de CO e HCN é mais nociva do que a exposição a qualquer um deles em separado. Se ambos os gases forem inalados juntos, eles têm um efeito de sinergia tóxica: o CO impede que o oxigênio chegue aos órgãos vitais, o HCN ataca o sistema nervoso central e o

sistema cardiovascular, deixando as pessoas desorientadas e confusas (MAO *et al.*,2021). O monóxido de carbono e o cianeto são os tóxicos mais significativos presentes em gás produzido em incêndios, porém existem mais de 400 outros constituintes tóxicos conhecidos (FORTIN *et al.*,2011; RECH *et al.*,2016; STOLL *et al.*,2017).

A análise das informações referentes à nocividade aos organismos aquáticos revelou que 80% informam que os produtos são danosos a este ecossistema. Os outros 20% informam que não são nocivos. A poluição química é um dos principais fatores para a deterioração do ecossistema aquático. (POSTHUMA *et al.*, 2020).

As substâncias identificadas e classificadas como muito tóxicas para organismos marinhos são a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e o hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), que é um produto resultante da dissolução da amônia anidra em água.

A amônia é um dos poluentes ambientais mais comuns no ambiente aquático (JIANG *et al.*, 2019). No corpo d'água, a quantidade de amônia é composta pela parcela não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) e a ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ). A  $\text{NH}_3$  é a forma mais tóxica para os organismos aquáticos pela facilidade da difusão por meio das membranas celulares, atribuída à sua maior solubilidade lipídica (CHENG *et al.*, 2019). A amônia ambiente elevada pode aumentar a absorção líquida da substância em invertebrados e levar a uma elevação da amônia hemolinfática, eventualmente diminuindo a capacidade de transporte de oxigênio no sangue (ZHAO *et al.*,2020). A hipóxia resultante aumentará ainda mais o excesso de amônia que entra no corpo, desencadeando a superprodução de espécies reativas de oxigênio (ROS) e o estresse oxidativo em animais aquáticos (HEGAZI *et al.*, 2010, CHENG *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, mais e mais estudiosos têm prestado atenção à imunotoxicidade da amônia para organismos aquáticos (GONÇALVES *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2014; CHENG *et al.*,2015; KATHYAYANI *et al.*,2019). Altos níveis da substância podem afetar o metabolismo da amônia, causar danos nos tecidos e distúrbios fisiológicos e levar ao envenenamento em animais aquáticos (GUO *et al.*,2020).

Uma ameaça ao ecossistema marinho também são os microplásticos derivados de tintas, que foram detectados no ambiente aquático, bem como em espécies aquáticas. Herrera *et al.*, (2019) relataram que 16,7% dos peixes amostrados continham partículas de tinta na forma de microplásticos no trato gastrointestinal. Cardozo *et al.*,(2018) demonstraram que 63% dos fragmentos plásticos encontrados nas espécies de peixes amostradas são provenientes da pesca, dos quais 55% derivam de fragmentos de tinta.Nenhuma informação detalhada foi dada por Cardozo *et al.*,(2018) sobre o tamanho desses fragmentos, ou seja, se os fragmentos eram macro ou microplásticos.

Lima *et al.*, (2014) identificaram 14.724 itens microplásticos em 216 amostras de um estuário de rio, dos quais quase 30% eram lascas de tinta. A partir desses estudos, fica evidente que os microplásticos derivados das tintas acabam no meio aquático.

No setor da construção, os microplásticos primários são emitidos pelo descarte de tintas à base de água no ralo, pelo enxágue de pincéis e rolos na torneira. As tintas à base de água contêm uma fonte potencialmente elevada de microplásticos primários, incluindo partículas de polímero dispersas. Eles agem como um aglutinante em camadas de tinta curada, mas permanecem microplásticos primários quando as tintas são descartadas inadequadamente.

Na proposta de restrição aos microplásticos adicionados intencionalmente, a ECHA (*European Chemicals Agency*) estimou que, anualmente, cerca de 5.200 toneladas de polímeros são descartadas de pincéis e rolos no ambiente do Espaço Econômico Europeu (EEA) (ECHA, 2019). Isso inclui todos os polímeros, incluindo os polímeros usados como aglutinantes em tintas à base de água.

O CEPE estimou uma emissão anual de 2.000 a 3.000 toneladas para microesferas/microfibras adicionadas intencionalmente, o que é 40 a 60% menor que a estimativa da ECHA (CEPE, 2018). Os números fornecidos pelo CEPE não incluem dispersões de polímeros, mas apenas representam microplásticos aditivos. O CEPE observou que isso diz respeito a menos de 1% das tintas decorativas à base de água.

Anteriormente, Verschoor *et al.*, (2016) estimaram para a Holanda que aproximadamente 16 toneladas de microplásticos são liberados anualmente para o meio ambiente a partir da limpeza de pincéis. Microplásticos secundários são formados durante a manutenção e intempéries. Verschoor *et al.*, (2016) estimaram que 490 toneladas de microplásticos secundários de tintas são liberadas anualmente por atividades profissionais de construção e bricolagem na Holanda e 200 toneladas por atividades de transporte marítimo. As fontes de atividades de construção e bricolagem foram principalmente desgaste de camadas de tinta (260 toneladas) e remoção de camadas de tinta velhas (210 toneladas). Destes últimos, 35% resultam de atividades de bricolagem e os outros 65% de atividades de construção. A maior quantidade de emissões das atividades de construção foi explicada por um maior consumo de tinta, bem como por uma maior fração de tintas exteriores aplicadas, cujas emissões foram superiores às tintas interiores.

A liberação anual esperada de emissões de microplásticos de tintas na Europa para as bacias hidrográficas OSPAR (Atlântico Nordeste e bacias hidrográficas europeias a montante) está entre 10.000 e 90.000 toneladas (OSPAR, 2017). Essas emissões são o resultado da aplicação de tinta, remoção e desgaste de camadas de tinta de estaleiros, marinas, edifícios e

estradas, e incluem emissões primárias e secundárias de microplásticos. Quando comparados com a estimativa da ECHA de emissões de microplásticos primários na Europa, os microplásticos secundários são os principais contribuintes de microplásticos para o meio ambiente. Essas partículas entram no ambiente se não forem totalmente coletadas, por exemplo, durante o lixamento de substratos ao ar livre.

Os dados relativos à biodegradabilidade revelaram que 60% dos exemplares não são totalmente biodegradáveis e 40% informam que este dado não está disponível ou não é determinado. No que se refere às informações disponibilizadas para bioacumulação, 50% das FISPQs não informam este dado, 40% afirmam que o produto não é bioacumulável e os 10% restantes indicam que o produto é bioacumulável.

A consolidação das informações coletadas referentes aos parâmetros toxicológicos é apresentada, a seguir, na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Análise de parâmetros toxicológicos

Marcas	PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS											
	Sensibilização respiratória			Irritação à pele / Alteração			Irritação ocular / Lesões oculares graves			Carcinogenicidade		
	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI	S	N	NI
<b>A</b>	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-
<b>B</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-
<b>C</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X
<b>D</b>	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-
<b>E</b>	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-
<b>F</b>	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-
<b>G</b>	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<b>H</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>I</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>J</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>K</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>L</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-
<b>M</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>N</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-
<b>O</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>P</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>Q</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>R</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-
<b>S</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<b>T</b>	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X

Fonte: o autor (2023) / Legenda: S (Sim), N (Não) e NI (Não informado)

A avaliação das informações disponibilizadas revelou que 80% das marcas de tinta afirmam que o produto pode provocar algum tipo de sensibilização respiratória. Uma parcela de 15% informa que o produto não provoca nenhum tipo de sensibilização respiratória e em 5% o dado não é determinado. No critério irritação a pele / alteração, 90% das marcas indicam que o produto pode provocar algum tipo de dano a pele a partir de sua manipulação. A parcela restante de 10% informa que não é esperado que o produto provoque algum dano à pele. Em relação ao parâmetro irritação ocular / lesões oculares graves, 80% da amostra afirmam que o produto pode provocar algum dano a visão. A outra parcela correspondente aos 20% declarou que não é esperado que a manipulação do produto provoque algum dano ocular. A análise dos dados referentes à carcinogenicidade revelou que 55% das FISPQ que compõem a amostra possuem o item, mas informam que este critério não foi determinado. A outra parcela referente aos 45% restantes afirma que a manipulação do produto não provoca câncer. Na Tabela 4.10 são apresentadas as substâncias com maior ocorrência classificadas como perigosas e os respectivos efeitos adversos à saúde humana.

Tabela 4.10 - Principais substâncias e danos associados à saúde humana

<b>SUBSTÂNCIA</b>	<b>DANOS A SAÚDE HUMANA</b>
Resina Vinil Acrílica	Nocivo em contato com a pele ou ingestão; Irritante para os olhos e pele
Etileno Glicol	Nocivo por ingestão
Amônia (Solução 25%)	Provoca queimaduras
Polímeros acrílicos	Nocivo em contato com a pele ou ingestão; Irritante para os olhos e pele
Derivados de isotiazolonas e Semi- Acetais	Nocivo por inalação e ingestão; Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias
Aguarrás Mineral	Facilmente inflamável; Nocivo por inalação e ingestão
Hidróxido de Amônia	Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias
Álcool Graxo Etoxilado	Nocivo por inalação e ingestão Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias
Mistura de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona e 2-metil-2H-isotiazol-3-ona	Tóxico se ingerido; Tóxico em contato com a pele; Tóxico se inalado; Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos; Pode provocar reações alérgicas na pele.
AlquilLaurilEter	Nocivo por inalação e ingestão; Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias.
2-Amino 2-Etil metil 1-Propano	Risco grave de lesões oculares; Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias
Acetato de Etileno Glicol	Pode causar secura na pele ou fissuras

Acetato de Etil Glicol	Pode comprometer a fertilidade
Emulsão Acrílica Estireno	Inflamável; Irritante para os olhos, pele e vias respiratórias.
Dietileno Glicol Monobutil Éter	Muito tóxico por inalação e por ingestão
Diuron	Nocivo se ingerido; Suspeito de provocar câncer; Pode provocar danos aos órgãos.

Fonte: o autor (2023) /\* Classificação de acordo com a Diretiva 67/548/CEE e ABNT NBR 14725-3:2012

### 4.3 PESQUISA DE LEVANTAMENTO

#### 4.3.1 Método de Análise Hierárquica (MAH)

A seguir serão apresentados os resultados obtidos pelo MAH, conforme relatado na metodologia. A consolidação das médias aritméticas dos 30 respondentes, na avaliação par a par para os dez critérios, encontra-se na matriz apresentada pela Tabela 4.11.

Na sequência tem-se, respectivamente, a apresentação da matriz média aritmética normalizada (Tabela 4.12) e do vetor prioridade com as correspondentes porcentagens de preferência (Tabela 4.13).

Tabela 4.11 - Matriz média aritmética do somatório do total de respondentes

	<b>EST</b>	<b>PROT</b>	<b>MAR</b>	<b>TOX</b>	<b>DUR</b>	<b>PR</b>	<b>MAN</b>	<b>EMI</b>	<b>RES</b>	<b>ENER</b>
<b>EST</b>	1	2,105764	1,539975	2,995614	2,174624	1,692982	3,460526	4,589474	4,872807	5,315789
<b>PROT</b>	1,540936	1	1,754449	2,357018	1,794069	1,990560	3,406579	4,298246	4,723684	5,065789
<b>MAR</b>	2,203216	2,790058	1	3,321930	2,288596	2,033835	3,598246	4,894737	5,346491	5,815789
<b>TOX</b>	1,379449	1,133333	1,127318	1	1,297870	1,256579	2,668630	3,280702	3,665414	4,140351
<b>DUR</b>	2,446053	2,435965	2,054887	3,164035	1	2,203634	3,122807	4,780702	4,973684	5,605263
<b>PR</b>	1,738596	2,461028	1,548246	2,892105	1,858772	1	3,197368	4,543860	4,763158	5,368421
<b>MAN</b>	1,540309	1,816667	1,052256	2,097494	0,667168	1,168567	1	3,135965	3,192982	3,675439
<b>EMI</b>	0,511236	0,709043	0,268630	0,804073	0,461967	0,383542	1,129950	1	1,716667	2,210526
<b>RES</b>	0,549457	0,859921	0,535192	0,761988	0,336090	0,351065	0,922076	1,271930	1	1,894737
<b>ENER</b>	0,227987	0,502673	0,268379	0,578864	0,337469	0,215831	0,591959	1,070175	1,073308	1

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

Tabela 4.12 - Matriz média aritmética do somatório do total de respondentes normalizada

	<b>EST</b>	<b>PROT</b>	<b>MAR</b>	<b>TOX</b>	<b>DUR</b>	<b>PR</b>	<b>MAN</b>	<b>EMI</b>	<b>RES</b>	<b>ENER</b>
<b>EST</b>	0,076119	0,133154	0,138123	0,149982	0,178005	0,137679	0,149818	0,139643	0,137930	0,132589
<b>PROT</b>	0,117295	0,063233	0,157359	0,118009	0,146855	0,161879	0,147483	0,130782	0,133709	0,126354
<b>MAR</b>	0,167708	0,176425	0,089691	0,166320	0,187335	0,165398	0,155781	0,148931	0,151338	0,145061
<b>TOX</b>	0,105003	0,071664	0,101111	0,050067	0,106238	0,102189	0,115534	0,099821	0,103753	0,103271
<b>DUR</b>	0,186192	0,154034	0,184306	0,158415	0,081856	0,179207	0,135197	0,145461	0,140785	0,139810
<b>PR</b>	0,132341	0,155619	0,138864	0,144800	0,152151	0,081323	0,138425	0,138255	0,134826	0,133902
<b>MAN</b>	0,117248	0,114874	0,094378	0,105016	0,054611	0,095032	0,043294	0,095417	0,090381	0,091675
<b>EMI</b>	0,038915	0,044835	0,024094	0,040258	0,037815	0,031191	0,048920	0,030427	0,048592	0,055136
<b>RES</b>	0,041824	0,054376	0,048002	0,038151	0,027511	0,028550	0,039920	0,038701	0,028306	0,047260
<b>ENER</b>	0,017354	0,031786	0,024071	0,028982	0,027624	0,017552	0,025628	0,032562	0,030381	0,024943

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

Tabela 4.13 - Vetor prioridade e percentuais (média aritmética)

<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>VETOR PRIORIDADE</b>	<b>PERCENTUAIS</b>
EST	0,137304	13,73
PROT	0,130296	13,03
MAR	0,155399	15,54
TOX	0,095865	9,59
DUR	0,150526	15,05
PR	0,135051	13,51
MAN	0,090193	9,02
EMI	0,040018	4,00
RES	0,039260	3,93
ENER	0,026088	2,61

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

Conforme Costa (2002), Neves e Costa (2006), a média geométrica dos julgamentos pode ser calculada se o consenso não puder ser obtido e os membros não desejarem realizar uma votação. Os autores Aczél e Saaty (1983) demonstraram que, quando a mesma importância é atribuída a todos os avaliadores, o uso da média geométrica é a forma mais apropriada para sintetizar os julgamentos emitidos por diversos avaliadores. Em vista disto, optou-se pelo uso das médias geométricas.

Em seguida, foram calculadas as médias geométricas do somatório do total de respondentes, tomando-se como base as 30 matrizes originais, não normalizadas. A consolidação das médias geométricas dos 30 respondentes, na avaliação par a par para os dez critérios, encontra-se na matriz apresentada pela Tabela 4.14. Na sequência tem-se,

respectivamente, a apresentação da matriz média geométrica normalizada (Tabela 4.15) e do vetor prioridade com as correspondentes porcentagens de preferência (Tabela 4.16).

Tabela 4.14 - Matriz média geométrica do somatório do total de respondentes

	EST	PROT	MAR	TOX	DUR	PR	MAN	EMI	RES	ENER
EST	1	1,312579	0,743365	1,783938	0,951096	0,990450	1,630403	3,66686	3,824521	4,863824
PROT	0,757151	1	0,694901	1,602421	0,907673	0,885867	1,616814	2,97246	3,195353	3,740400
MAR	1,345234	1,430160	1	2,131882	1,052106	1,165271	2,121850	4,37444	4,138613	5,197570
TOX	0,560558	0,624056	0,469069	1	0,557093	0,590648	1,289027	2,15976	2,680188	3,100767
DUR	1,051418	1,101718	0,950475	1,795031	1	1,216367	2,304462	3,77960	4,150903	4,504405
PR	1,009642	1,128838	0,858169	1,693056	0,822120	1	1,757543	3,91606	4,037203	5,011312
MAN	0,613345	0,618500	0,471287	0,775779	0,433941	0,568976	1	1,91087	2,005613	2,692859
EMI	0,272713	0,336422	0,228601	0,463014	0,264579	0,255359	0,523321	1	1,264509	1,535468
RES	0,261471	0,312954	0,241627	0,370802	0,240911	0,247696	0,495519	0,790821	1	1,366650
ENER	0,205600	0,264057	0,188853	0,318527	0,220633	0,198315	0,369058	0,651267	0,731716	1

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

Tabela 4.15 - Matriz média geométrica do somatório do total de respondentes normalizada

	EST	PROT	MAR	TOX	DUR	PR	MAN	EMI	RES	ENER
EST	0,141300	0,161463	0,127150	0,149478	0,147453	0,139129	0,124382	0,145383	0,141499	0,147329
PROT	0,106986	0,123012	0,118861	0,134269	0,140721	0,124438	0,123346	0,117851	0,118221	0,113300
MAR	0,190082	0,175927	0,171047	0,178633	0,163113	0,163686	0,161874	0,173436	0,153120	0,157439
TOX	0,079207	0,076766	0,080233	0,083791	0,086369	0,082968	0,098339	0,085630	0,099161	0,093925
DUR	0,148566	0,135525	0,162576	0,150408	0,155035	0,170863	0,175806	0,149852	0,153574	0,136442
PR	0,142663	0,138861	0,146787	0,141863	0,127457	0,140470	0,134082	0,155263	0,149368	0,151797
MAN	0,086666	0,076083	0,080612	0,065003	0,067276	0,079924	0,076289	0,075762	0,074203	0,081569
EMI	0,038534	0,041384	0,039101	0,038796	0,041019	0,035870	0,039924	0,039648	0,046784	0,046511
RES	0,036946	0,038497	0,041330	0,031070	0,037350	0,034794	0,037803	0,031354	0,036998	0,041397
ENER	0,029051	0,032482	0,032303	0,026690	0,034206	0,027857	0,028155	0,025821	0,027072	0,030291

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

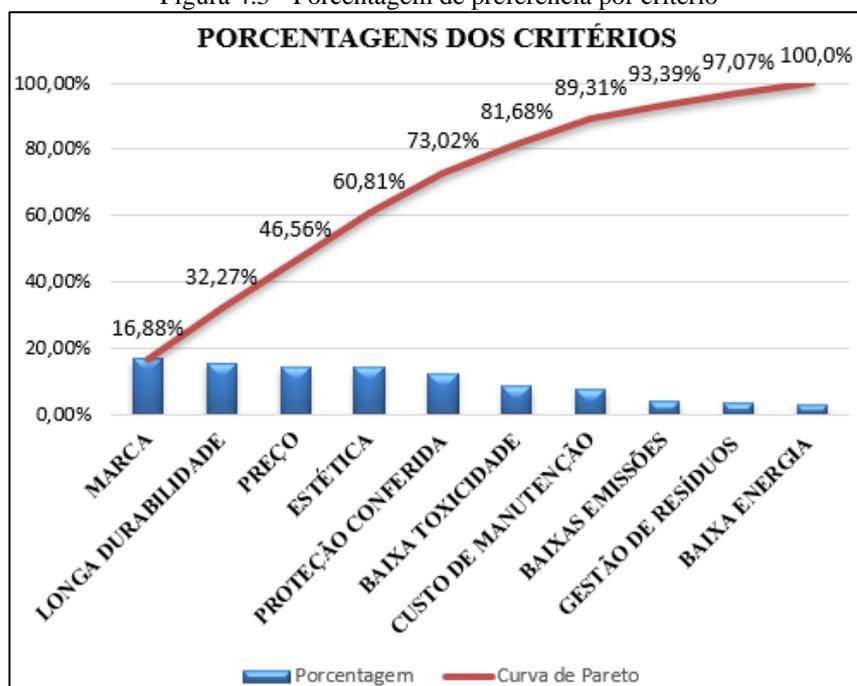
Tabela 4.16 - Vetor prioridade e percentuais (média geométrica)

REFERÊNCIAS	VETOR PRIORIDADE	PERCENTUAIS
EST	0,142457	14,25
PROT	0,122100	12,21
MAR	0,168836	16,88
TOX	0,086639	8,66
DUR	0,153865	15,39
PR	0,142861	14,29
MAN	0,076339	7,63
EMI	0,040757	4,08
RES	0,036754	3,68
ENER	0,029393	2,94

<sup>a</sup>MAR: Marca; <sup>b</sup>DUR: Durabilidade; <sup>c</sup>PR: Preço; <sup>d</sup>EST: Estética; <sup>e</sup>PROT:Proteção conferida ;<sup>f</sup>TOX: Baixa Toxicidade;<sup>g</sup>MAN:Custo de manutenção;<sup>h</sup>EMI:Baixas emissões;<sup>i</sup>RES:Gestão de resíduos;<sup>j</sup>ENER:Baixa energia incorporada. Fonte: o autor (2023)

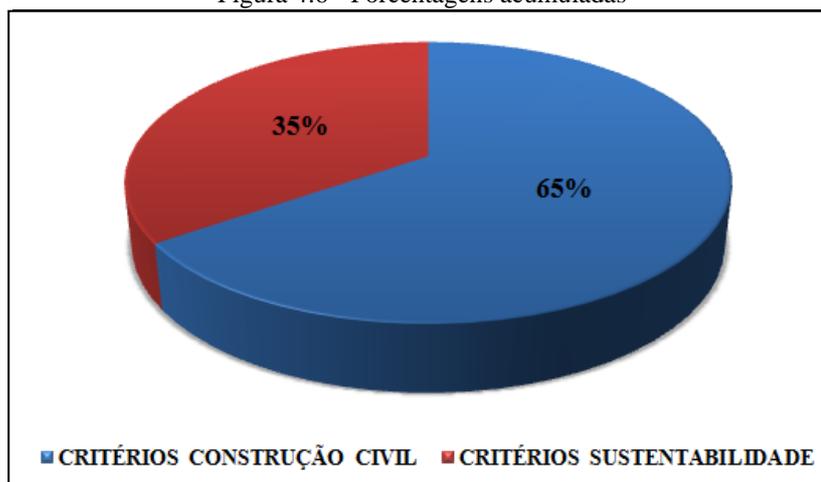
Considerando as matrizes dos 30 respondentes e o uso da média geométrica para consolidação dos julgamentos, as Figuras 4.5 e 4.6 apresentam, respectivamente, as porcentagens de preferência obtidas por cada critério e as porcentagens de preferência acumuladas pelos critérios relativos à construção civil e pelos relacionados às dimensões da sustentabilidade.

Figura 4.5 - Porcentagem de preferência por critério



Fonte: o autor (2023)

Figura 4.6 - Porcentagens acumuladas



Fonte: o autor (2023)

O resultado do processo revela que, transformando a escala verbal em escala numérica conforme o preceito de Saaty (2008), a média geométrica das priorizações dos decisores considera que de toda a preferência (100%), o critério marca possui maior importância para a amostra, alcançando 16,88 %, seguido por longa durabilidade (15,39 %), preço (14,29%), estética (14,25%), proteção conferida (12,21%), baixa toxicidade (8,66%), custo de manutenção (7,63%), baixas emissões (4,08%), gestão de resíduos (3,68%) e baixa energia (2,94%).

Os critérios associados aos aspectos importantes para a construção civil acumularam 65% da preferência dos decisores, já os relacionados às dimensões da sustentabilidade acumularam 35% da preferência.

Com o objetivo de identificar possíveis inconsistências de julgamento, foi calculada uma razão de inconsistência (IC), conforme descrito na metodologia. O valor de IC obtido foi de 0,0015 ou 0,15%. De acordo com Saaty (2008) a inconsistência é inerente ao ser humano e deve ser tolerada. Por isso, alega que o resultado abaixo de 10% é considerado satisfatório.

#### 4.3.2 Análise estatística e de conteúdo

Neste subitem são apresentados os resultados obtidos por meio de nove perguntas propostas no questionário aplicado, durante a pesquisa realizada com 30 profissionais da construção civil (arquitetos e engenheiros civis) conforme relatado no capítulo anterior.





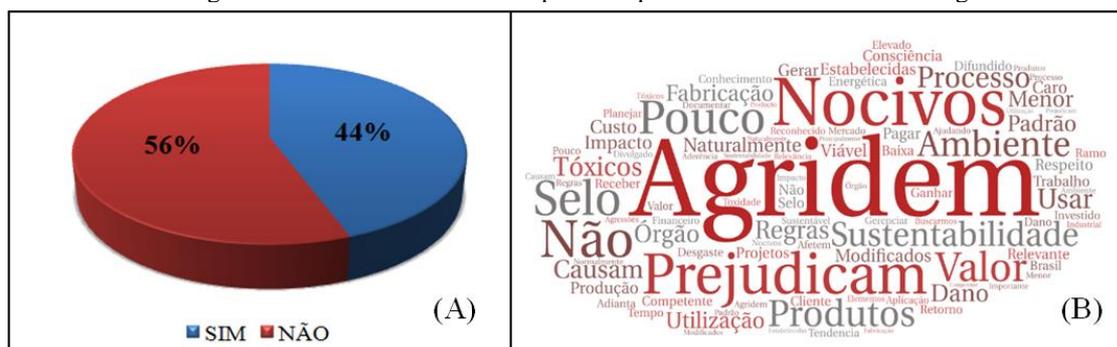
conhecimento da ferramenta, totalizando 61% dos respondentes. Os outros 39% da amostra afirmam que conhecem ou já ouviram falar da técnica.

Na sequência, foi solicitado ao respondente que caso ele tivesse algum conhecimento sobre o tema, discorresse brevemente a sua percepção. Em linhas gerais, os especialistas desenvolveram em suas respostas que o método consiste na avaliação dos impactos ambientais de um produto ao longo de sua vida, podendo ser avaliado desde a extração das matérias primas até seu descarte ou reaproveitamento. Aspectos como gestão de resíduos e logística reversa também foram citados como exemplos de instrumentos que estão relacionados ao conceito e objetivo de aplicação da técnica de ACV. A nuvem de palavras (Figura 4.8 B) gerada a partir das respostas do grupo que tem conhecimento da técnica auxiliou a análise de conteúdo realizada acima, indicando com maior ocorrência as palavras: “Impacto”, “Produção”, “Ambientais” e “Análise”.

Segundo Buchmann (2018) suas pesquisas mostram a importância da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de uma tinta onde conclui que a utilização de matérias primas não danosas aos usuários pode provocar uma carga de impactos ao produto final. Conclui, ainda, que precisa ser reforçada a ideia de que os impactos ambientais de uma tinta devem ser vistos, sob o ponto de vista do ciclo de vida, ou seja, com base nas implicações do berço (matérias-primas) ao túmulo (descarte em aterros sanitários monitorados).

#### Questão 4 - Já ouviu falar no conceito de produtos químicos ambientalmente amigáveis? Se sim, discorra brevemente sua percepção sobre o tema.

Figura 4.9 – Gráfico e nuvem de palavras produtos ambientalmente amigáveis



Fonte: o autor (2023)

Esta quarta questão visa identificar qual a parcela da amostra de especialistas tem conhecimento sobre o conceito de produtos químicos ambientalmente amigáveis. Nota-se a partir do gráfico apresentado na Figura 4.9 A, que a maior parcela dos profissionais não tem

conhecimento do conceito, totalizando 56% dos respondentes. Os outros 44% da amostra afirmam que conhecem ou já ouviram falar destes produtos.

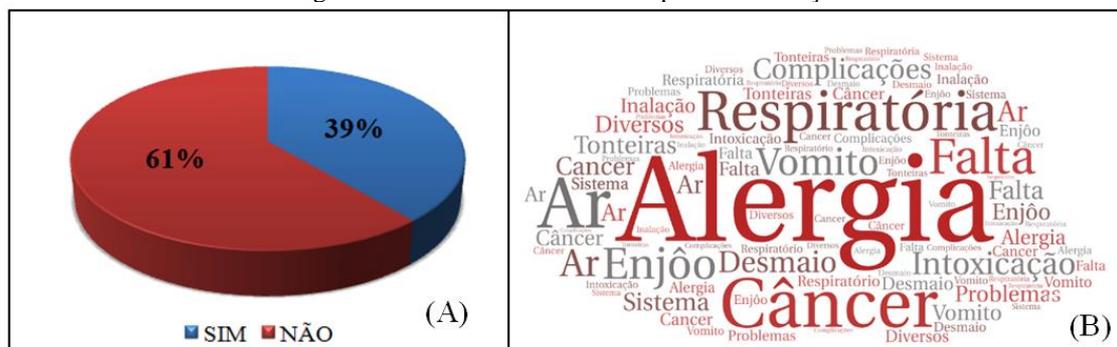
Na sequência, foi solicitado ao respondente que caso ele tivesse algum conhecimento sobre o tema, discorresse brevemente a sua percepção. Em linhas gerais, os especialistas desenvolveram em suas respostas que produtos químicos ambientalmente amigáveis são aqueles que causam pouco ou nenhum impacto ambiental. É possível perceber em parte das respostas que o conceito é ampliado, a partir de colocações como “produtos que não prejudicam o meio ambiente, tanto no processo de fabricação, quanto na sua utilização” ou “produto com baixa energia incorporada no processo de fabricação”. A nuvem de palavras (Figura 4.9 B) gerada a partir das respostas do grupo que tem conhecimento do conceito auxiliou a análise de conteúdo realizada acima, indicando com maior ocorrência as palavras “Agridem”, “Nocivos”, “Não” “Prejudicam” e “Pouco”.

Na visão de Biderman *et al* (2008), um produto ambientalmente amigável ou sustentável para um determinado fim, deve proporcionar o melhor desempenho ambiental ao longo do seu ciclo de vida visando à qualidade e nível de satisfação igual, ou melhor, quando comparado com um produto padrão. Assim, em muitos países, os critérios seguintes já são apreciados, e se configuram como fatores relevantes na decisão de compra de produtos, tais como: eficiência energética; tempo de vida útil do bem; reciclagem; sistema de gerenciamento ambiental; embalagem; conteúdo do material; e design para reciclagem e separação.

Os avanços da química verde, na visão de Anastas e Zimmerman (2003) têm enfrentado grandes desafios em relação à aplicação dos parâmetros sustentáveis nos diversos setores tradicionais das indústrias. Embora existam procedimentos, formulações e solventes menos agressivos ao ambiente e à saúde humana, tais inovações encontram barreiras econômicas e até sociais que acabam não sendo desenvolvidas e aplicadas. Os princípios da engenharia verde não devem ser simplesmente uma lista de metas, mas sim um conjunto de metodologias para atingir os objetivos de design verde e sustentabilidade.

**Questão 5 - Você tem conhecimento de alguma doença relacionada à inalação/manuseio de compostos presentes em tintas? Se sim, cite alguma(s).**

Figura 4.10 – Gráfico e nuvem de palavras doenças



Fonte: o autor (2023)

Esta quinta questão visa identificar qual a parcela da amostra de especialistas tem conhecimento sobre doenças relacionadas à utilização de tintas. Nota-se a partir do gráfico apresentado na Figura 4.10 A, que uma parcela expressiva dos profissionais não tem conhecimento destas doenças, totalizando 61% dos respondentes. Os outros 39% da amostra afirmam que tem conhecimento de pelo menos uma doença.

Na sequência, foi solicitado ao respondente que caso tivesse algum conhecimento sobre essas doenças, que citasse alguma (as). As doenças mais citadas foram: doenças respiratórias, alergia e câncer. A nuvem de palavras (Figura 4.10 B) gerada a partir das respostas do grupo que tem conhecimento das doenças auxiliou a análise de conteúdo realizada acima, indicando com maior ocorrência as palavras “Alergia”, “Respiratória”, “Câncer”, “Falta” e “Ar”.

Pesquisas desenvolvidas por Pandey e Kiran (2023) destacam os riscos e os problemas relacionados das tintas entre os pintores, incluindo problemas respiratórios, tosse prolongada, desconforto no peito e quase todos os problemas pulmonares. Além disso, dependendo das composições de tintas é possível associar ao câncer, infecções e doenças neurotóxicológicas. Os autores concluem a necessidade dos fabricantes de tintas de reduzirem a porcentagem ou quantidade de substâncias venenosas, tóxicas ou cancerígenas nas tintas para reduzir a taxa ou o nível de efeito na inalação, absorção ou ingestão no corpo humano.



**Questão 7 - Você tem conhecimento de algum acidente relacionado com a utilização ou produção de tintas? (queimaduras, explosões, etc.) Se sim, discorra brevemente sobre.**

Figura 4.12 – Gráfico e nuvem de palavras acidentes



Fonte: o autor (2023)

Esta sétima questão visa identificar qual a parcela da amostra de especialistas tem conhecimento de algum acidente associado ao processo de utilização ou fabricação de tintas. Nota-se a partir do gráfico apresentado na Figura 4.12 A, que uma parcela expressiva dos profissionais não tem conhecimento destes episódios, totalizando 94% dos respondentes. Os outros 6% da amostra afirmam que tem conhecimento sobre o tema.

Na sequência, foi solicitado aos respondentes que caso tivesse algum conhecimento sobre esses acidentes, que discorresse brevemente sobre eles. Em linhas gerais, os poucos especialistas que indicaram ter conhecimento relataram já terem ouvido falar em acidentes envolvendo queimaduras na pele e cegueira momentânea a partir da manipulação do produto. Outros informaram ter conhecimento de acidentes envolvendo vazamentos de produtos químicos em fábricas de tintas. A nuvem de palavras (Figura 4.12 B) gerada a partir das respostas do grupo que tem conhecimento dos episódios auxiliou a análise de conteúdo realizada acima, indicando com maior ocorrência as palavras “Queimaduras”, “Cutâneas” e “Olhos” e “Irritação”.

A indústria de tintas e vernizes, como ramo da indústria química, utiliza uma grande variedade de substâncias perigosas (tóxicos, inflamáveis e explosivos) nos processos produtivos, podendo causar acidentes químicos. Esses acidentes são acompanhados do risco de liberação de maiores quantidades de substâncias perigosas no meio ambiente, levando a poluição e degradação do meio ambiental afetado. A saúde humana é mais gravemente afetada pela exposição ao ar livre poluição do ar ambiente, que pode ser causada por incêndios, explosões ou propagação de nuvens dispersantes tóxicas geradas durante acidentes por vazamento de substâncias utilizadas na indústria química (CARTER,2011).





tradicionais, o que inviabiliza sua utilização e difusão. A nuvem de palavras (Figura 4.14 B) gerada a partir das respostas do grupo que optou por contribuir com mais alguns comentários sobre a temática proposta, auxiliou a análise de conteúdo realizada acima indicando com maior ocorrência as palavras “Produtos”, “Desvalorizados”, “Não”, “Valoriza” e “Mercado”.

#### 4.4 PESQUISA EXPERIMENTAL

##### 4.4.1 Formulação da tinta à base de silicato de sódio

Para os ensaios de avaliação de desempenho da tinta foi escolhida a formulação do experimento de nº 02 por apresentar menor perda de massa e tempo de secagem, cuja composição mássica é apresentada, a seguir, na Tabela 4.17. Para aplicação nos corpos de prova foram preparados 200 g da mistura em um recipiente de 500 mL e homogeneizada por 10 minutos utilizando um agitador mecânico. A tinta formulada de cor marrom clara foi transferida para um recipiente conforme mostra a Figura 4.15.

Tabela 4.17 - Formulação da tinta de silicato de sódio

<b>Componente</b>	<b>Material</b>	<b>Porcentagem</b>
Resina	Silicato de sódio	65%
Pigmento	Óxido férrico	30%
Solvente	Água destilada	5%

Fonte: o autor (2023)

A avaliação dos resultados obtidos resultou da comparação realizada entre tinta convencional e a nova tinta formulada que foi reproduzida em bancada. Para a formulação utilizada, a tinta apresentou tempo de secagem ao toque de 10 minutos e secagem ao manuseio de 1 hora. Estes tempos são inferiores aos observados em média nas tintas convencionais. O filme pós secagem final mostrou-se satisfatório, seco e livre de pegajosidade.

Figura 4.15– Protótipo da tinta à base de silicato de sódio



Fonte: o autor (2023)

#### 4.4.2 Ensaio de viscosidade da tinta à base de silicato

Na visão de Alua (2012) a viscosidade de uma tinta deve suficientemente alta para que não escorra do substrato, e ao mesmo tempo, uma viscosidade suficientemente baixa para que seja fácil de aplicação da tinta.

Nas formulações de tinta a base de silicato desenvolvidas por Loganina *et al.* (2018), também foram encontrados valores de 17 a 20 segundos, ou seja, muito próxima ao valor de 21 segundos obtidos nos ensaios em triplicata. Deve-se ressaltar que este valor de 21 segundos está atrelado aos 5% de água adicionada à formulação da tinta, isto significa que um aumento de 1% (em massa) de água reduzirá o tempo de escoamento, conseqüentemente, a redução da viscosidade.

#### 4.4.3 Determinação do pH da tinta à base de silicato

Os valores obtidos de pH da amostra de tinta são apresentados na Tabela 4.18 e foram realizados utilizando o medidor de pH MYLABOR. Verifica-se que as variações dos valores de pH após 96 horas, são considerados não significantes para acarretar mudanças na estabilidade da formulação da tinta.

Tabela 4.18 - Valores do pH da tinta

Valores de pH, a 25°C			
Inicial	Após 24 h	Após 48 h	Após 96 h
9,65	9,68	9,72	9,73

Fonte: o autor (2023)

Segundo Fazenda (2009) os limites padronizados de pH para tintas econômicas visando conseguir uma boa estabilidade devem estar compreendidos entre 9,2 a 9,8.

Pesquisas desenvolvidas por Loganina *et al* (2018), também utilizam a faixa de pH alcalino (9,0 a 10,8) para formulações e o desenvolvimento de tintas à base de silicato inorgânico para fins arquitetônicos.

#### **4.4.4 Determinação do ponto de fulgor da tinta a base de silicato e de tintas comerciais**

Utilizando o equipamento marca Quimis 292A para determinar o ponto de fulgor da tinta de silicato de sódio, mantendo o aquecimento gradual da tinta de 25°C até 150°C, não foi observado nenhum lampejo (*flash*). Isto significa que a referida formulação ensaiada não é combustível.

Entretanto, ao realizar o mesmo ensaio com as tintas comerciais A, B, C, D e E verificou-se que o ponto de fulgor foi observado acima de 35°C, ou seja, pelo fato de tais tintas possuírem em sua composição química solventes a base de hidrocarbonetos, solventes orgânicos (álcoois, cetonas, etc.) ou aditivos combustíveis que poderiam acionar a formação dos lampejos característicos.

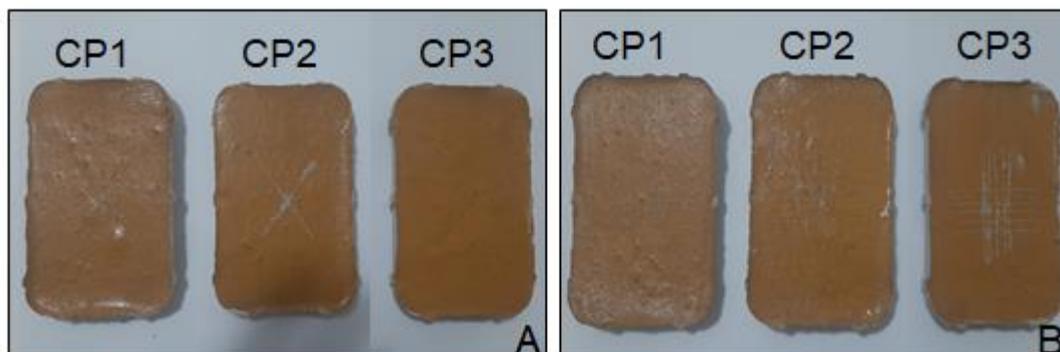
A tinta formulada é totalmente incombustível considerando que é à base de silicato inorgânico.

Tais fatos são assegurados por Amaro (2007) quando relata que as tintas à base de silicatos inorgânicos, devido a sua natureza química permite que sejam tintas muito resistentes à alcalinidade e também tintas não combustíveis, à prova de fogo.

#### **4.4.5 Ensaio de aderência da tinta à base de silicato**

A figura 4.15 apresentada, a seguir, mostra as fotografias dos corpos de prova de substrato de argamassa de cimento portland, após a realização dos ensaios de aderência para a tinta à base de silicato de sódio, pelos dois métodos normatizados pela NBR 11003:2009 (ABNT, 2009), corte em “X” (Figura 4.16A) e corte em grade (Figura 4.16 B).

Figura 4.16– Ensaio de aderência corpos de prova de argamassa



Fonte: o autor (2023)

A Tabela 4.19 apresentada a consolidação dos resultados após a realização dos ensaios de aderência da tinta à base de silicato de sódio, para cada corpo de prova de argamassa.

Tabela 4.19– Resultados dos ensaios de aderência de corpos de prova de argamassa

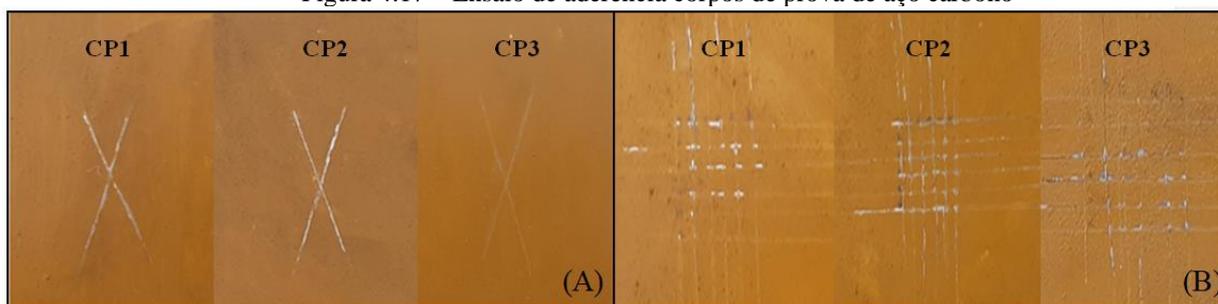
Corpo de prova	NBR 11003 A (corte em X)	NBR 11003 B (corte em grade)
CP1	X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	Gr <sub>1</sub>
CP2	X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	Gr <sub>2</sub>
CP3	X <sub>0</sub> Y <sub>0</sub>	Gr <sub>2</sub>

Fonte: o autor (2023)

Os resultados dos ensaios demonstraram que a tinta à base de silicato de sódio possui boa aderência em substrato de argamassa. Nos ensaios realizados pelo método A (corte em X), o melhor resultado foi alcançado pelo corpo de prova CP3 (X<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>). Os corpos de prova CP2 e CP3 alcançaram resultados menos satisfatórios (X<sub>1</sub>Y<sub>1</sub>). Pelo método de corte em quadrículas o melhor grau obtido foi alcançado pelo corpo de prova CP1 (Gr<sub>1</sub>). Os corpos de prova CP2 e CP3 alcançaram resultados menos satisfatórios (Gr<sub>2</sub>). Importante destacar que após análise da fita de aderência, observou-se que havia argamassa aderida em alguns pontos, caracterizando que, a tinta está aderida a ele, porém devido à umidade, o substrato se desprende, aparentando uma falha de aderência da tinta.

A Figura 4.17 apresentada, a seguir, mostra as fotografias dos corpos de prova de substrato de aço carbono, após a realização dos ensaios de aderência para a tinta à base de silicato de sódio pelos dois métodos, corte em “X” (Figura 4.17 A) e corte em grade (Figura 4.17 B).

Figura 4.17 – Ensaio de aderência corpos de prova de aço carbono



Fonte: o autor (2023)

A Tabela 4.20 apresentada a consolidação dos resultados após a realização dos ensaios de aderência da tinta à base de silicato de sódio, para cada corpo de prova de aço carbono.

Tabela 4.20 - Resultados dos ensaios de aderência de corpos de prova de aço carbono

Corpo de prova	NBR 11003 A (corte em X)	NBR 11003 B (corte em grade)
CP1	X <sub>1</sub> Y <sub>0</sub>	Gr <sub>1</sub>
CP2	X <sub>1</sub> Y <sub>0</sub>	Gr <sub>1</sub>
CP3	X <sub>0</sub> Y <sub>0</sub>	Gr <sub>2</sub>

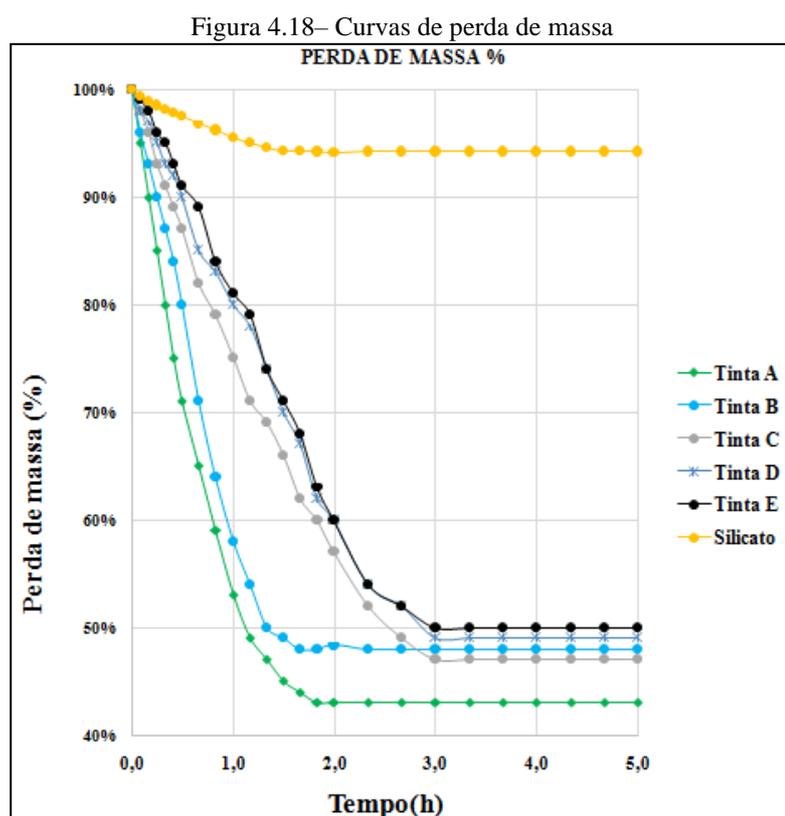
Fonte: o autor (2023)

Os resultados dos ensaios demonstraram que a tinta a base de silicato de sódio possui boa aderência em substrato metálico. Nos ensaios realizados pelo método A (corte em X), o melhor resultado foi alcançado pelo corpo de prova CP3 (X<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>). Os corpos de prova CP1 e CP2 alcançaram resultados menos satisfatórios (X<sub>1</sub>Y<sub>0</sub>). Pelo método de corte em quadrículas o melhor grau obtido foi alcançado pelos corpos de prova CP1 e CP2 (Gr<sub>1</sub>). O corpo de prova CP3 alcançou resultado menos satisfatório (Gr<sub>2</sub>).

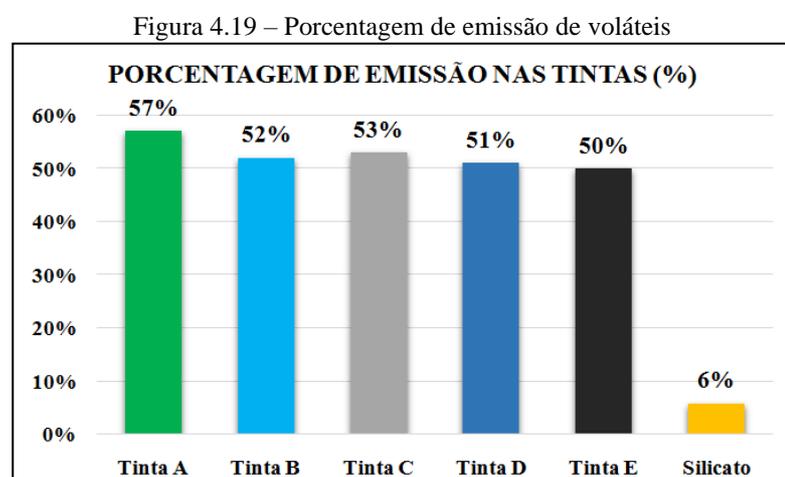
O objetivo de realizar o ensaio de aderência em superfície metálica foi verificar se a tinta à base de silicato poderia ser utilizada também como inibidor de corrosão em estruturas metálicas e estruturas de concreto armado imersas em meio salino. A utilização de inibidores de corrosão é o método mais econômico e prático para reduzir a corrosão de metais e ligas, quando expostos a ambientes agressivos. (SHERIF, 2011; MERÇON et al., 2004).

#### 4.4.6 Ensaio de teor de voláteis da tinta à base de silicato e de tintas comerciais

Após a realização do ensaio foi possível obter os gráficos das curvas de perda de massa em função do tempo e o gráfico de emissão total de voláteis de cada tinta. Os gráficos foram gerados a partir da média aritmética dos resultados obtidos para os três corpos de provas de cada amostra de tinta, sendo estes representados, respectivamente, nas Figuras 4.18 e 4.19, apresentadas a seguir.



Fonte: o autor (2023)



Fonte: o autor (2023)

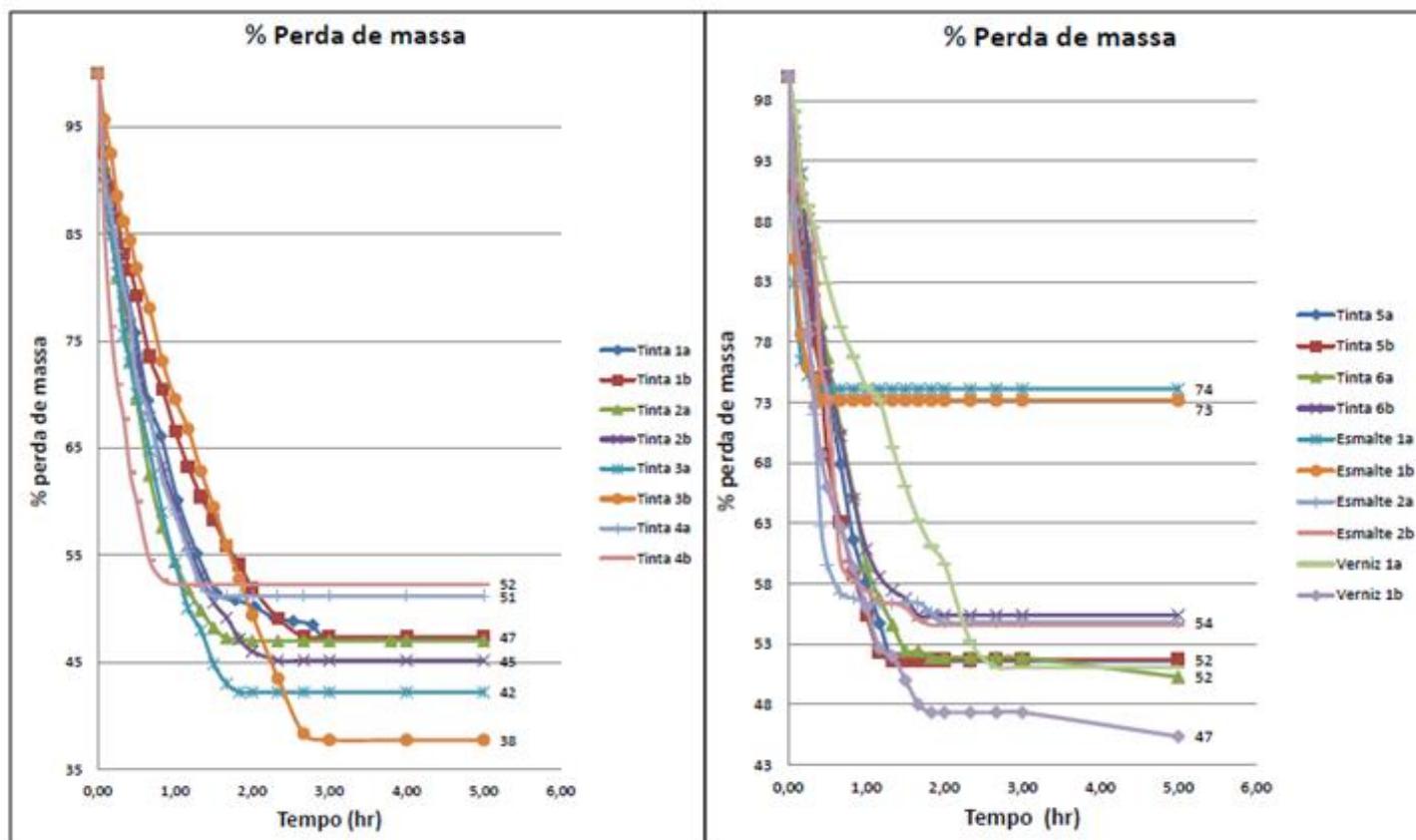
As curvas de perda de massa geradas revelaram que as amostras de tintas imobiliárias comerciais apresentaram tendência similar na perda de massa, alcançando o maior percentual de emissão entre 2 e 3 horas após a aplicação da tinta sobre os corpos de prova. A curva de perda de massa gerada a partir das amostras da tinta a base de silicato destoaram da tendência verificada, para as amostras de tintas imobiliárias industriais. As amostras de tintas a base de silicato de sódio alcançaram emissão máxima entre 1 e 2 horas após a aplicação da tinta.

Os resultados de perda de massa das tintas comerciais revelaram que a tinta A alcançou a maior porcentagem de voláteis emitidos (57%) e a tinta F alcançou o menor valor (50%). A tinta a base de silicato de sódio alcançou um valor percentual de emissão de 6%. Quando comparados os valores percentuais atingidos pelas tintas industriais com os obtidos para a tinta a base de silicato de sódio, percebe-se que a quantidade de massa emitida pelas tintas comerciais é consideravelmente maior que a quantidade de voláteis emitida pela tinta à base de silicato de sódio.

Amparando-se na revisão da literatura e na pesquisa documental das FISPQs realizadas é possível afirmar que a composição dos voláteis emitidos pelas tintas comerciais, é formada por COVs, vapor de água e compostos que não são considerados COVs. Em relação à composição dos voláteis emitidos pela tinta à base de silicato, por se tratar de uma tinta formulada a partir de substâncias inorgânicas, é possível afirmar que não possui compostos orgânicos voláteis na parcela de massa que é emitida. A emissão é composta por vapor de água proveniente da pequena parcela de solvente presente na composição. É importante salientar que os ensaios foram realizados com amostras retiradas diretamente das embalagens das tintas comerciais, sem adição de água ou solvente orgânico.

Para referendar os valores de perda de massa obtidos no gráfico da Figura 4.19 são apresentados, a seguir, os gráficos obtidos pelas pesquisas realizadas por Patiño Guío (2013) com tintas e vernizes conforme mostra a Figura 4.20. Tais curvas possuem o mesmo formato nos ensaios realizados pelo autor.

Figura 4.20 – Curvas de perda de massa apresentadas nas pesquisas realizadas por Patiño Guío (2013) referentes a avaliações de COV



Fonte: Patiño Guío (2013)

Considerando estes fatos e também se deve acrescentar que o ponto de fulgor da tinta a base de silicato de sódio em temperaturas superiores a  $100^{\circ}\text{C}$  se mostrou incombustível, enquanto, as outras tintas se mostraram combustíveis. A figura 4.21 representa os eventos de liberação de vapor d'água e compostos orgânicos voláteis (COV).

Figura 4.21 – Mecanismo de liberação de vapor d'água e compostos orgânicos voláteis (COV).

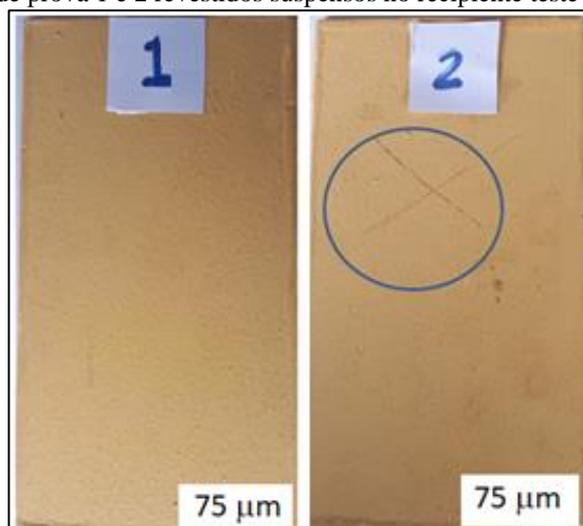


Fonte: o autor (2023)

#### 4.4.7 Avaliação de corpos de prova de aço carbono revestidos com a tinta a base de silicato em condições de alta salinidade

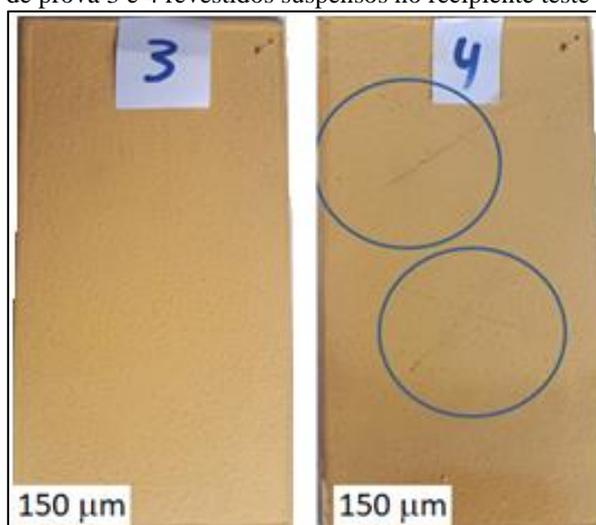
Após 48 h e 96 horas os corpos de prova suspensos e imersos na solução salina foram removidos do recipiente e fotografados conforme apresentados, a seguir, nas Figuras 4.22 a 4.30.

Figura 4.22 – Vista dos corpos de prova 1 e 2 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 48 horas



Fonte: o autor (2023)

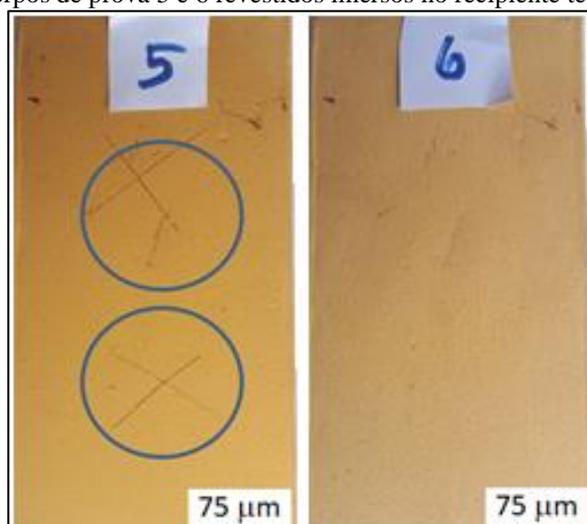
Figura 4.23 – Vista dos corpos de prova 3 e 4 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 48 horas



Fonte: o autor (2023)

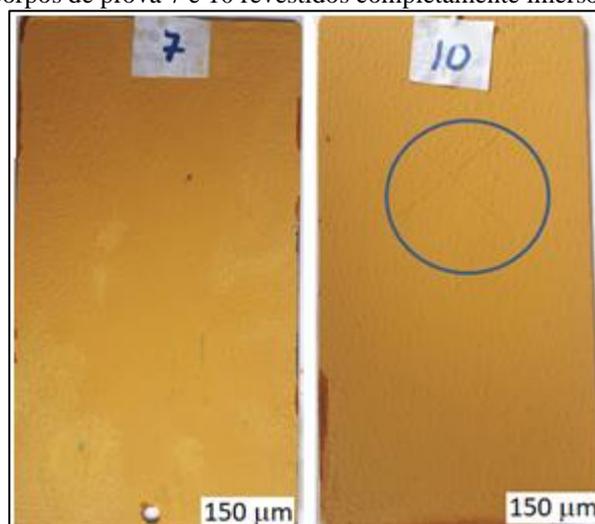
As superfícies dos corpos de prova suspensos com espessuras de 75μm e 150 μm de tinta à base de silicato (Figura 4.22 e 4.23), retirados do recipiente teste após 48 horas, não apresentam partes destacadas ou pontos de corrosão mesmo nas partes riscadas na forma de “X” com estilete de aço.

Figura 4.24 – Vista dos corpos de prova 5 e 6 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 48 horas



Fonte: o autor (2023)

Figura 4.25 – Vista dos corpos de prova 7 e 10 revestidos completamente imersos e retirados após 48 horas



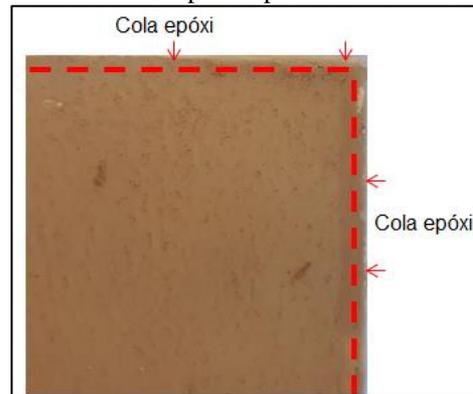
Fonte: o autor (2023)

As superfícies dos corpos de prova completamente imersos com espessuras de 75 $\mu$ m e 150  $\mu$ m de tinta a base de silicato (Figura 4.24 e 4.25), retirados do recipiente teste após 48 horas mesmo nas partes riscadas na forma de “X” com estilete de aço, não apresentaram partes destacadas ou pontos de corrosão.

As laterais dos corpos de prova não foram consideradas como pontos de corrosão que foram decorrências de falhas de pintura nas referidas laterais, pois foram aplicadas com rolo.

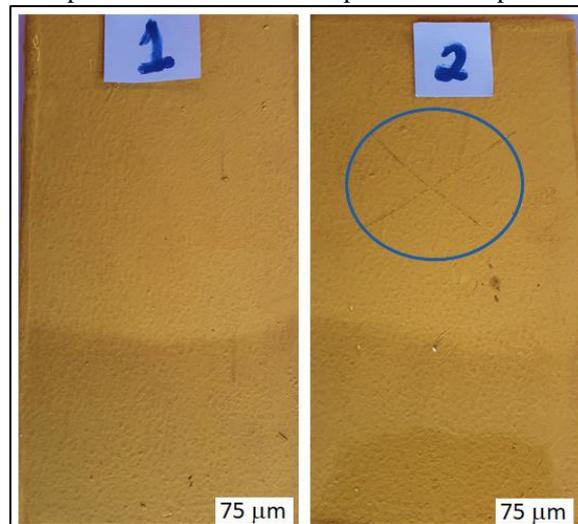
Infelizmente as laterais dos corpos de prova imersos não foram protegidas com um filete de massa epóxi como foram às laterais dos outros corpos de prova, visando evitar a penetração da salinidade conforme mostra a Figura 4.26.

Figura 4.26 – Laterais dos corpos de prova com um filete de cola epóxi



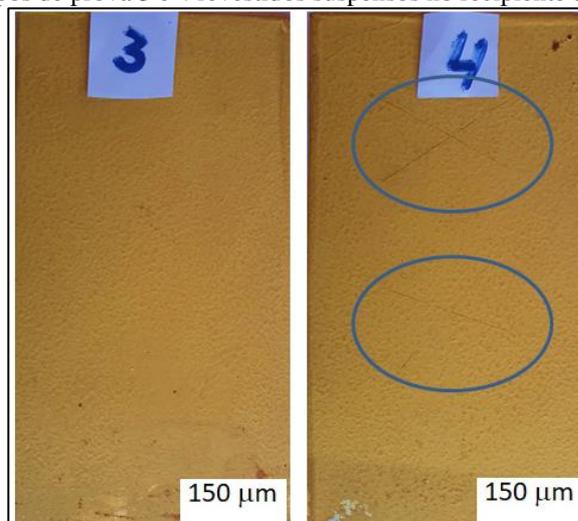
Fonte: o autor (2023)

Figura 4.27– Vista dos corpos de prova 1 e 2 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 96 horas



Fonte: o autor (2023)

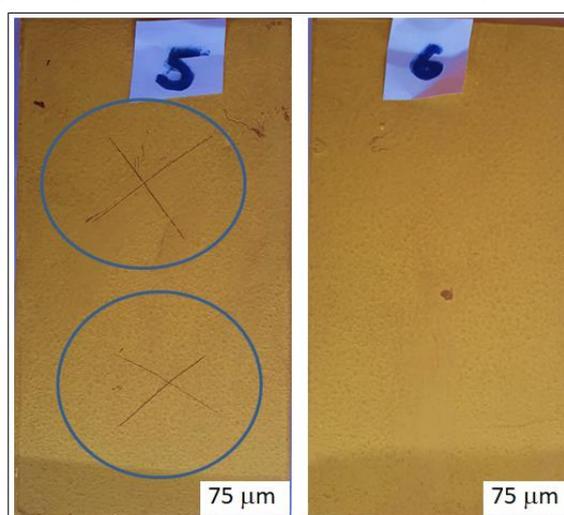
Figura 4.28 – Vista dos corpos de prova 3 e 4 revestidos suspensos no recipiente teste e retirados após 96 horas



Fonte: o autor (2023)

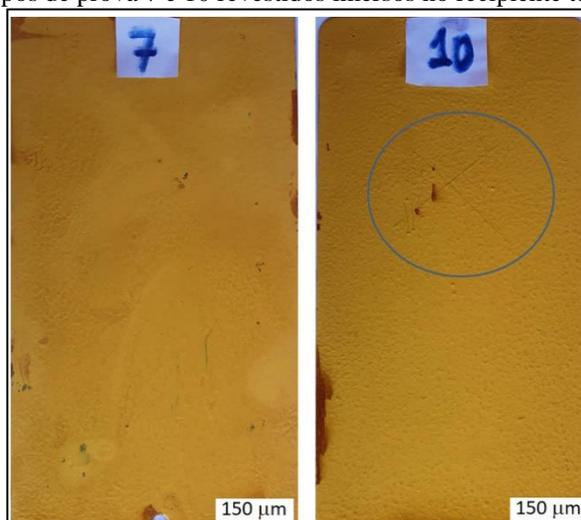
As superfícies dos corpos de prova suspensos com espessuras de  $75\mu\text{m}$  e  $150\mu\text{m}$  de tinta a base de silicato (Figura 4.27 e 4.28), retirados do recipiente teste após 96 horas mesmo nas partes riscadas na forma de “X” com estilete de aço, não apresentaram partes destacadas ou pontos de corrosão.

Figura 4.29 – Vista dos corpos de prova 5 e 6 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 96 horas



Fonte: o autor (2023)

Figura 4.30 – Vista dos corpos de prova 7 e 10 revestidos imersos no recipiente teste e retirados após 96 horas



Fonte: o autor (2023)

As superfícies dos corpos de prova completamente imersos com espessuras de  $75\mu\text{m}$  e  $150\mu\text{m}$  de tinta à base de silicato (Figura 4.29 e 4.30), retirados do recipiente teste após 96 horas mesmo nas partes riscadas na forma de “X” com estilete de aço, não apresentaram partes destacadas ou pontos de corrosão.

Nas laterais dos corpos de prova não foram considerados como pontos de corrosão que foram decorrências de falhas de pintura nas referidas laterais, pois foram aplicadas com rolo.

#### **4.4.8 Considerações finais sobre os ensaios laboratoriais**

O objetivo principal desta pesquisa experimental foi formular uma tinta referendada nos fundamentos da sustentabilidade, de tal forma, que não produzisse produtos orgânicos voláteis (VOC) que causassem problemas ambientais e de saúde pública. A escolha de um produto inorgânico como o silicato de sódio e a água como solvente foram fundamentais nesta questão. Além disso, o pigmento como óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) também não oferece nenhum perigo ambiental.

É claro, que esta tinta se destaca por ser incombustível em comparação com outras tintas que em função de suas resinas e aditivos podem gerar produtos orgânicos voláteis (VOC). Além disso, a partir da revisão da literatura e da pesquisa documental realizadas foi possível verificar que a queima destas tintas pode produzir gases tóxicos como o monóxido de carbono (CO) e o cianeto de hidrogênio (HCN).

## 5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos por meio da pesquisa bibliométrica, documental, de levantamento e experimental permitiram chegar às seguintes conclusões:

- A exploração de campos científicos envolve estudos bibliométricos, identificando lacunas na literatura e novas oportunidades de pesquisa. Por meio da bibliometria, foi possível identificar as principais discussões e abordagens teóricas sobre aspectos relacionados à sustentabilidade industrial, aplicados no desenvolvimento e produção de tintas arquitetônicas.
- A análise bibliométrica mostrou que os autores com maior número de publicações, assim como as publicações mais citadas, se concentram em estudos envolvendo tintas anticorrosivas e anti-incrustantes. Pouca presença de documentos que tratam de tintas arquitetônicas. Essa informação fica evidente na lista dos artigos mais citados. Entre as primeiras 16 publicações, apenas três tratam de aspectos de sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas. A partir dessas análises, foi possível verificar que essa área é pouco explorada na literatura, o que configura uma oportunidade para o avanço dos estudos dentro da temática.
- A partir dos resultados obtidos, ficou evidente a necessidade de mais pesquisas relacionadas à sustentabilidade industrial em tintas arquitetônicas, uma vez que foram encontradas poucas publicações abordando o assunto, o que configura uma lacuna na literatura relacionada a este campo de pesquisa.
- A análise dos parâmetros ecológicos disponibilizados nas FISPQs revelou que, um número expressivo de exemplares de tintas imobiliárias, disponibilizadas no mercado brasileiro, libera na queima gases do efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global e consequentemente para o desequilíbrio ecológico, além de colocar em risco a saúde humana. Além deste fato, grande parte das fichas também registra que o produto químico oferece risco ao ecossistema marinho e que não é biodegradável. Esses dados evidenciam a necessidade e urgência de estudos na busca de composições químicas inócuas, a fim de se obter produtos que cumpram os requisitos necessários à construção civil, mas que também considerem na composição a preservação dos ecossistemas.

- Os parâmetros ecológicos biodegradabilidade e bioacumulação apresentaram altos índices de não determinação dos dados, 40% e 50% respectivamente, o que configura um prejuízo ao usuário que gostaria de ter essa informação para nortear sua escolha no momento da compra do produto.
- A análise dos parâmetros toxicológicos disponibilizados nas FISPQs revelou que, um número expressivo dos exemplares das tintas imobiliárias pode provocar algum tipo de sensibilização respiratória irritação à pele/corrosão e irritação ocular/lesões oculares graves, em casos de exposição ou manipulação do produto químico.
- O excesso de fichas que não apresentam dados referentes à carcinogenicidade comprometeu a análise e avaliação deste parâmetro. A ausência deste dado coloca em risco a saúde dos usuários que adquirem estes produtos, já que estes podem estar comprando um material que pode provocar uma doença grave como o câncer e não tem essa informação disponibilizada.
- A pesquisa de levantamento realizada com engenheiros e arquitetos revelou a partir dos resultados obtidos pelo método da análise hierárquica, que os critérios associados à construção civil são privilegiados em detrimento de critérios associados a sustentabilidade, no momento da seleção de tintas imobiliárias para empreendimentos. Este resultado demonstra que sustentabilidade é um parâmetro pouco importante para esta tomada de decisão.
- O critério “Marca” foi o mais bem posicionado dentre os critérios associados à construção civil. Esse resultado indica como a marca está fortemente associada à qualidade do produto em todos os aspectos relevantes para a construção civil. O critério “Longa durabilidade” foi o mais bem posicionado dentre os critérios associados à sustentabilidade. Porém, pode-se discutir se a percepção do especialista no momento da atribuição de preferência a esse critério era o pensamento na sustentabilidade, ou seja, quanto mais durável um produto, menor será a necessidade de produção deste em larga escala e conseqüentemente menor será o impacto ambiental gerado no processo produto e extração de matérias primas ou se o pensamento foi na questão financeira, tendo em vista que um produto mais durável se torna mais econômico no longo prazo, já que não se fará necessário gastos com manutenção.
- As análises estatísticas das questões propostas no questionário revelaram que, em linhas gerais, um número expressivo dos especialistas não possui conhecimento sobre conceitos básicos associados à sustentabilidade em tintas imobiliárias. Os respondentes que demonstraram alguma compreensão acerca do tema indicaram em suas respostas

que apreciam iniciativas que busquem a preservação do meio ambiente e da saúde humana, porém enxergam que essas iniciativas são pouco valorizadas no mercado e os produtos que consideram estas preocupações no processo produtivo são mais caros, o que inviabiliza sua utilização.

- Na pesquisa experimental a formulação de tinta à base de silicato de sódio alcançou bons resultados nos ensaios de desempenho realizados em laboratório, demonstrando que pode ser uma excelente candidata à tinta imobiliária.
- Os ensaios de avaliação de corpos de prova de aço carbono revestidos com a tinta à base de silicato em condições de alta salinidade demonstraram que o produto, pode ser considerado como uma boa alternativa para proteger estruturas metálicas e armaduras de concreto contra corrosão por ataque de íons cloreto. A tinta aplicada na superfície da estrutura forma uma barreira física e também proporciona a formação de um filme passivador uniforme em todo o substrato, proporcionando uma proteção química.
- A partir dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais pode-se considerar que a tinta a base de silicato é uma excelente alternativa para revestimento imobiliário e para utilização como inibidor de corrosão, pois apresentou bons resultados nos ensaios de desempenho, além de ter baixa agressividade ao meio ambiente e a saúde humana. Vale salientar também que a tinta à base de silicato se diferencia das tintas convencionais por ser incombustível, conforme demonstrou o ensaio de ponto de fulgor. As tintas comerciais, por terem em sua composição resinas e aditivos a base de substâncias orgânicas, podem gerar compostos orgânicos voláteis (COV) e em caso de queima destes produtos, como relatado a partir dos achados da pesquisa documental, podem produzir gases tóxicos e mortais como o monóxido de carbono (CO) e o cianeto de hidrogênio (HCN).

## 5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Realizar entrevistas semi estruturadas com pintores e funcionários de indústrias químicas que participam do processo de produção de tintas imobiliárias, a fim de mapear possíveis problemas de saúde decorrentes da exposição ao produto.
- Buscar alternativas de aditivos que não sejam nocivos ao meio ambiente e a saúde humana e realizar ensaios laboratoriais para avaliar sua utilização na tinta a base de silicato de sódio.

- Avaliar, a partir de ensaios eletroquímicos, a eficiência da tinta a base de silicato de sódio na inibição da corrosão em corpos de prova de aço carbono em meio salino.
- Realizar uma pesquisa documental para avaliação de parâmetros de sustentabilidade em tintas utilizadas em outros países.
- Realizar mais ensaios laboratoriais a fim de avaliar o desempenho da tinta à base de silicato para uso como revestimento em ambientes internos e externos.

## REFERÊNCIAS

A.F. GONÇALVES, I. PÁSCOA, J.V. NEVES, J. COIMBRA, M.M. VIJAYAN, P. RODRIGUES, J.M. WILSON, The inhibitory effect of environmental ammonia on Danio rerio LPS induced acute phase response. **Developmental & Comparative Immunology**, V. 36, Pg. 279-288, 2012.

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. **Consumo de Tintas e Vernizes**. 2019. Disponível em: <<http://www.abrafati.com.br>>. Acesso em: abr. 2019.

ACZÉL, J.; SAATY, T. L. Procedures for Synthesizing Ratio Judgements. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 27, p. 93-102, 1983.

ALMEIDA, M.F.L. de. **Química verde: desafios para o desenvolvimento sustentável. Parcerias Estratégicas**, 17 113-166, 2012. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/683/626](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/683/626). Acessado em: 25 nov. 2022.

ALUA, P. M. N. C. **Optimização da opacidade de tintas aquosas**. Dissertação, Instituto Superior Técnico-Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

ALVES, L. da S.; SANTOS, L. L dos.; COUTO, E. da R. Distribuição das concentrações de Ozônio (O<sub>3</sub>) na área de influência do polo industrial de Camaçari: Bahia: prováveis impactos a Saúde Humana e ao Meio Ambiente. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 8, 113, 2020.

ALZIEU, C (1998) Tributyltin: case study of a chronic contaminant in the coastal environment. **Ocean and Coastal Management**, 1: 23-36

AMARO, Mariana Fonseca. **Estudo Comparativo de Tintas para Fachadas, Volume I**”. Dissertação. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 1200: 2018: Standard Test Method for Viscosity by Ford Viscosity Cup**. 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D1640: 2017: **Standard Test Methods for Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coatings at Room Temperature**. United States, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D56: 2022: **Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester**. United States, 2022.

ANASTAS, Paul T.; ZIMMERMAN, Julie B. Peer reviewed: design through the 12 principles of green engineering. **Environmental Science & Technology**, 95-101, 2003.

ARIA M., CUCCURULLO, C., 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, 11.959–975.

ARIF, A.A.; DELCLOS, L.G. Association between cleaning-related chemicals and work-related asthma and asthma symptoms among healthcare professionals. **Occupational and Environmental Medicine**, 2012; 69:35-40.

ARMELIN, E., ALEMÁN, C., IRIBARREN, J. I., 2009. Anticorrosion performances of epoxy coatings modified with polyaniline: A comparison between the emeraldine base and salt forms. **Progress in Organic Coatings**, 65(1), 88-93.

ASSIS, W.A.; ALMEIDA, G.; QUINDICI, M.L.Z.; OLIVEIRA, M.F.; MOTA, L.M. Pigmentos. IN: **Tintas – Ciência e Tecnologia**. 4ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 1124 p., 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 11003. Tintas — Determinação da aderência**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12554. **Tintas para edificações não Industriais - Terminologia**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14725-4. **Aço carbono e ligados para construção mecânica - Designação e composição química**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14725-4. **Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10443: 2008: Tintas e Vernizes: determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas: Método de Ensaio,** 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11003: 2009: Tintas: Determinação da aderência,** 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12554: 2013: Tintas para edificações não industriais – terminologia.** 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17088: 2023: Corrosão por exposição à névoa salina: Métodos de ensaio.** 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5842: 2015: Determinação do ponto de fulgor em tintas, vernizes e resinas - Método do vaso fechado.** 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8095: 2015: Material metálico revestido e não revestido: Corrosão por exposição à atmosfera úmida saturada: Método de ensaio.** 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044: 2009: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.** Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12105: 2002: Tintas para construção civil: Determinação da consistência de tintas usando o viscosímetro Stormer digital.** 2022.

BABBIE, E. **Métodos de Pesquisas de Survey.** Tradução Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

BARBOSA, Fernando Nogueira. **Avaliação de degradação de tinta imobiliária e de seus componentes por fungos mesofílicos**. Dissertação, UNESP, São José do Rio Preto, 2014.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 279 p.

BARMAN, B. N.; PRESTON, H. G.; The effects of pH on the degradation of isothiazolone biocides. **Tribology International**, v.25, p.281-287, 1992.

BENTLIN F.R.S., POZEBON D., DEPOI F.S. Estudo comparativo de métodos de preparo de amostras de tinta para a determinação de metais e metaloides por técnicas de espectrometria atômica. **Química Nova**, v.32, n. 4, p. 884 – 890, 2009.

BETAEQ, 2016. **Tintas: um setor consolidado no Brasil**.<http://betaeq.com.br/index.php/2016/04/01/tintas-um-setor-consolidado-no-brasil>  
Acessado em maio 2020.

BIDERMAN, R., MACEDO, L. S. V. D., MONZONI NETO, M. P., & MAZON, R. Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. **Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces)**, 2008.

BRASIL, **Decreto-lei. n.º. 276**, de 23 de julho de 1999. Define as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar e transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 96/62/CE (EUR-Lex), do Conselho, de 27 de setembro, relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente.

BREVIGLIERO, Ezio; POSSEBON, José; SPINELLI, Robson. **Higiene Ocupacional: Agentes biológicos, químicos e físicos**. São Paulo: Senac, 2019.

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R., 1999. **Química e a Qualidade do Ar**.  
[http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol22No1\\_65\\_v22\\_n1\\_20%2812%29.pdf](http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol22No1_65_v22_n1_20%2812%29.pdf). Acessado em Ago. 2020.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. **A Qualidade do ar de interiores e a química**. Revista Química Nova. ed. 22. LADETEC - Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999.

BRYMAN, A. Research Methods and Organization Studies. **Great Britain: Routledge**, 1989.

BUCHMANN, Gláucia Santos. **Comparação dos impactos ambientais de formulações de tintas com a aplicação da avaliação do ciclo de vida**. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Pulo, 2018

BURGESS, JG; BOYD, KG; ARMSTRONG, E; JIANG, Z; YAN, LM; BERGGREN, M; MAY, U; PISACANE, T; GRANMO, A; ADAMS, DR (2003). The development of marine natural product-based antifouling paint. **Biofouling**. 19: 197-205.

BURGHARDT, T. E.; PAASHKEVICH, A.; ZAKOWSKA, L, 2016. Influence of volatile organic compounds emissions from road marking paints on ground-level ozone formation: case study of Kraków, Poland. **Transportation Research Procedia**, Poland 14, 18-21.

BURGHARDT, T. E.; PASHKEVICH, A.; ZAKOWSKA, L.; Influence of volatile organic compounds emissions from road marking paints on ground-level ozone formation: case study of Kraków, Poland. **Transportation Research Procedia**, Poland, v. 14, p. 18-21, Abril, 2016.

CAI, H.; WANG, C.; Surviving with Smog and Smoke. **Chest Journal**, 152, 925, 2017.

CAMPAGNOLO, D.; SARAGA, D. E.; CATTANEO, A.; SPINAZZÈ, A.; MANDIN, C.; MABILIA R.; PERRECA, E.; SAKELLARIS, I.; CANHA, N.; MIHUCZ, V. G.; SZIGETI, T.; VENTURA, G.; MADUREIRA, J.; FERNANDES, E. O.; KLUIZENAAR, I.; CORNELISSEN, E.; HANNINEM, O.; CARRER, P.; WOLKOFF, CARVALLO, D. M.; BARTZIS, J. G.; VOCs and aldehydes source identification in European office buildings – The OFFICAIR study. **Building and Environment**, v.115, p.18-24, Abril, 2017

CARDOZO, A.L.P.; FARIAS, E.G.G.; RODRIGUES-FILHO, J.L.; MOTEIRO, I.B; SCANDOLO, T.M.; DANTAS, D.V. Feeding ecology and ingestion of plastic fragments by *Priacanthus arenatus*: What's the fisheries contribution to the problem? **Marine Pollution Bulletin** 130, 19-27, 2018.

CARIOCA, J.O.B., SEIDL, P., SOUSA-AGUIAR, E.F., & ALMEIDA, M.F.L. Química Verde no Brasil: visão de futuro e estratégia nacional para o período 2010-2030. **Parcerias Estratégicas**, 15, 311-338, 2012.

CARTER, RE. Organic solvents: properties, toxicity, and industrial effects. New York: **Nova Science Publishers**.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Indoor environmental quality: overview., 17 mai 2013. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/>. Acesso em: 09 abr. 2023.

CEN (Chemical and engineering news). Disponível em: <https://cen.acs.org/articles/94/web/2016/04/Chemical-accident>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CETESB. **Tintas E Vernizes - Guia técnico ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**. v. 1, 2008.

CHENG, C.H., MA, H.L., DENG, Y.Q., FENG, J., CHEN, X.L., GUO, Z.X. **The role of Mu-type glutathione S-transferase in the mud crab (Scylla paramamosain) during ammonia stress**. 2020.

CHENG, C.H., MA, H.L., SU, Y.L., DENG, Y.Q., FENG, J., Xie, J.W., CHEN, X.L., GUO, Z.X. Ammonia toxicity in the mud crab (Scylla paramamosain): The mechanistic insight from physiology to transcriptome analysis. **Ecotoxicol.** 179, 9–16, 2019.

CHENG, C.H., YANG, F.F., LING, R.Z., LIAO, S.A., MIAO, Y.T., Ye, C.X., WANG, A.L. **Effects of ammonia exposure on apoptosis, oxidative stress and immune response in pufferfish (Takifugu obscurus)**. 164, 61–71, 2015.

CHENG, XL; WANG, ZB; YAN, YS (2001) Corrosion-resistant zeolite coatings by in situ crystallization. **Electrochemical and Solid State Letters**. 5: B23-B26

CHINA DIALOGUE. Disponível em: <https://chinadialogue.net/en/pollution/8142-timeline-china-s-chemical-disasters/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 2ª Ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

CHUBIN, D., GARFIELD, E., 1980. Is citation analysis a legitimate evaluation tool, **Scientometrics**, v2, pp. 91–94.

CHUCK, Y., DERRICK, C. A review of the emission of VOCs from polymeric materials used in buildings. **Building and Environment**, v. 33, n. 6, p. 357-374, 1988.

CLARK, William C.; DICKSON, Nancy M. Sustainability science: the emerging research program. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.100, n.14, p.8059-8061, 2003.

CLAUSEN, P.A.; WOLKOFF, P.; HOLST, E.; NIELSEN, P.A. Long-term Emission of Volatile Organic Compounds from Waterborne Paints – Methods of Comparison, **Indoor Air**, Vol 1, pp. 563-576.1991.

CNN BRASIL. Incêndio em hospital na China mata ao menos 21 pessoas. 18 abr 2023. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **A química como criadora de soluções para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, 2017.

COBO, M. J., LÓPEZ-HERRERA, A. G., HERRERA-VIEDMA, E., HERRERA, F., 2011. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools, **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, 62.1382–1402.

COHEN, Y., WANG, W., SCHNOOR, J.L., DOI, J. Volatile Organic Compounds in the Environment. Editorial ASTMSTP 1261. **American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA**. pp 7-32.1996.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

COSTA, H. G. AHP-DE BORDA: A Hybrid Multicriteria Ranking Method. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 3, p. 281-287, 2017. DOI: 10.14488/BJOPM.2017.v14.n3.a1

COSTA, H. G. AHP-De Borda: A Hybrid Multicriteria Ranking Method. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 3, p. 281-287, 2017.

COSTA, H. G. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. In: Anais do XXXVI – SBPO, 2002.

COSTA, H. G.; FREITAS, A. L. P. Aplicação do método ELECTRE TRI à classificação da satisfação de clientes. Um estudo de caso em um curso de extensão universitária. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**, Lisboa, v. 4, 2005.

COUTINHO, P.L.A., BASTOS, J.B.V., ALIJO, P.H.R., & GOULART, A.K. Intensificação de processos e Química Verde: importância para as indústrias farmacêutica, cosméticos, alimentícia e biorrefinarias. **Revista Fitos**, 13, 74-93, 2019.

COVA, C.J.G. **Execução orçamentária pública: uma proposta de metodologia de tomada de decisão e avaliação de resultados**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção da COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

CRANE D., 1988. **Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities**, Repr. d. Aug. 1975. Univ. of Chicago Press, Chicago, United States of America.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CSB (The U.S. Chemical Safety Board). Disponível em: <https://www.csb.gov/lyondellbasell-fatal-chemical-release-/?msclkid>. Acesso em: 29 nov. 2022.

CUCCURULLO C, ARIA M, SARTO F (2016) Foundations and trends in performance management. A twenty-five years bibliometric analysis in business and public administration domains, **Scientometrics**, 108:595–611.

CUNHA, Viviane. **Tintas imobiliárias, vernizes & solventes**. In: **CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, n° 8, 2012.

CUNNINGHAM, Michael & Campbell, J. & Fu, ZHENWEN & BOHLING, James & LeRoux, J. & Mabee, WARREN & Robert, Tobias. Future green chemistry and sustainability needs in polymeric coatings. **Green Chemistry**. 21, 10, 2019

Dados do setor. **ABRAFATI**, 2023. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>. Acesso em: 06 mar. 2023.

DELESPOSTE, J. E., RANGEL, L.A.D., MEIRIÑO, M.J., NARCIZO, R.B., ALENCAR JUNIOR, A.A.M. DE (2021). Use of multicriteria decision aid methods in the context of sustainable innovations: bibliometrics, applications and trends. **Environ Syst Decis**.

DI MATTEO, G., NARDI, P., GREGO, S., GUIDI, C., 2018. Bibliometric analysis of Climate Change Vulnerability Assessment research, **Environment Systems and Decisions**, 38,508–516.

DINH, T-V CHOI, I-Y., SON, Y-S., SONG, K-Y., SUNWOO, Y., KIM, J-C.,2016. Volatile organic compounds (VOCs) in surface coating materials: Their compositions and potential as an alternative fuel, **Journal of Environmental Management**, 168, 157-164.

DOJVAK, Mateja; KUKEC, Andreja. **Creating healthy and sustainable buildings: an assessment of health risk factors**. New York: Springer Open, 2019.

DORNELLES, Kelen Almeida; RORIZ, Maurício. Métodos Alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas. **Ambiente Construído**, V. 7, N. 3, P. 109-127, 2007.

DOS SANTOS BAILÃO, Ana Maria. Riscos ocupacionais durante a reintegração cromática. **Estudos de Conservação e Restauro**, n. 5, p. 31-57, 2013.

DULANGE, S R; PUNDIR, A K; GANAPATHY, L. Prioritization of Factors Impacting on Performance of Power Looms by Using AHP. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 10, issue 4, p. 217-227, 2014.

ECHA (European Chemicals Agency). **Restriction Report - Proposal for a restriction - Microplastics Version number.**, p.145, 2016.

EDWARDS, S., BENNETT, P. Construction products and life-cycle thinking. **UNEP Industry and Environment** – April – September.2003.

ELEY, Richard R. Applied rheology and architectural coating performance. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 16, n. 2, p. 263-305, 2019.

EPA (Environmental Protection Agency).. **Health risk of radon**, 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/radon/health-risk-radon>. Acesso em: 07 fev 2022.

EPA (Environmental Protection Agency). **Technical Overview of Volatile Organic Compounds**. Estados Unidos, 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds#3>. Acesso em: 15 ago. 2022.

EPA (Environmental Protection Agency). 2013. **Radon Frequent Questions**.[www.epa.gov/radiation/understand](http://www.epa.gov/radiation/understand). Acessado em Ago. de 2020.

EPA (Environmental Protection Agency). Volatile Organic Compounds and Smog. **Environmental Protection Department**, Hong Kong, 2021. Disponível em: [https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob\\_solutions/vocs\\_smog.html](https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/vocs_smog.html). Acesso em: 09 mar. 2022.

EPA (Environmental Protection Agency). **What are volatile organic compounds (VOCs)?** United States, 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs>. Acesso em: 09 mar 2023.

EPA (Environmental Protection Agency). Link: <https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry#twelve>. EUA. Acessado em ago. de 2020.

EPD. **VOC content limits for regulated architectural paints**, Hong Kong, 2014. Disponível em: [https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob\\_solutions/MaxVOC\\_](https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/MaxVOC_)

FARIA, Fernanda Cardoso de; SCHMID, Aloísio Leoni. **Avaliação do comportamento de tintas naturais para a construção civil frente ao intemperismo através de ensaio de envelhecimento acelerado**. In: **ENCONTRO NACIONAL**, v. 13, 2015.

FARIAS, L. A., & FAVARO, D.I.T. **Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios**. **Química Nova**, 34, 1089-1093, 2011.

FAZENDA, J.M. R, **Tintas, Ciência e Tecnologia**. ABRAFATI. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Editora Blucher. São Paulo. Brasil. 2009.

FAZENDA, J.M.R.; DINIZ, F.D. Introdução, história e composição básica. IN: **Tintas – Ciência e Tecnologia**. 4ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 1124 p., 2009.

FAZENDA, Jorge M. R. et al. **Tintas e Vernizes: Ciências e Tecnologia**, São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

FAZENDA, Jorge M. R. et al. **Tintas e Vernizes: Ciências e Tecnologia**, São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

FAZENDA, Jorge M. R. **Tintas Imobiliárias de Qualidade: Livro de Rótulos da ABRAFATI**. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

FERREIRA, Adrya Paola de Carvalho. **A Toxicologia do Cianeto de Hidrogênio: da Realidade À ficção**. 2022. Trabalho de conclusão de curso. UMA, Pouso Alegre. 2022.

FIGUEIREDO, A. P. S.; CABRAL, R. R.; PINHEIRO, R. J. F.; VENIAL, H. J.; SOUZA, M. O.; T. **Formaldeído Gasoso: A Qualidade do Ar em Bibliotecas e Escolas**. Enciclopédia Biosfera, 2021.

FISCHER, T. B., GAZZOLA, P. SEA effectiveness criteria – equally valid in all countries? The case of Italy. **Environmental Impact Assessment Review**, v.26, p.396-409, 2006.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORTIN JL, JUDIC-PEUREUX V, DESMETTRE T, MANZON C, GRIMON D, HOSTALEK U, et al. Hydrogen cyanide poisoning in a prison environment: A case report. **J. Correct Health Care**. 17:29–33, 2011.

GABERLOTTO, P. **Solventes Industriais: Seleção, Formulação e Aplicação**. Editora Blucher. São Paulo. Brasil. 2007.

GALLEZOT, P (2012). Conversion of biomass to selected chemical products, **Chemical Society Reviews**, 4: 1538 – 1558.

GARCIA, L.G.A, NETTO, C.C., & MIRAGLIA, S.G.E.K. Sustainability in the Chemical Industry in Brazil. **Sustainable Business International Journal**, 1, 1 – 31, 2016.

GELDNER G, Koch Em; GOTTWALD-HOSTALEK U, BAUD F; BURILLO G; FAUVILLE JP, et al. Report on a study of fires with smoke gas development. **Anaesthetist**.62, 2013.

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2011.

GIEBUŁTOWICZ J, RUŻYCKA M, WROCZYŃSKI P, PURSER DA, STEC AA. Analysis of fire deaths in Poland and influence of smoke toxicity. **Forensic Sci Int**. 277:77–87, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2008

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIODA, A., NETO, F.R.A. A poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, v.26, n.03, p. 356-365, 2003.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Rio de Janeiro/RJ: [s.n.], 2012.

GIOVANETI, A.L.; **Redução de compostos orgânicos voláteis de tintas acrílicas base água e sua influência na resistência à abrasão úmida**. São Paulo: 2012. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Química, Universidade de São Paulo.

GIRMAN, J.R., HODGSON, A.T., WIND, M.L. Considerations in evaluating emissions from consumer products, **Atmospheric Environment** (1967), Volume 21,1987, Pages 315-320,

GIUDICE, C.A., PEREYRA, A.M. **Tecnologia de pinturas y recubrimientos**. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional (Educecne). Buenos Aires. Argentina. 2009.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Cengage Learning, 2011.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque Multicritério**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014. ISBN 978-85-224-8819-3 Saaty TL. Decision making with the analytic hierarchy process. Pittsburg: Int. **J. Services Sciences**, Vol. 1, No. 1; 2008. p. 83-98

GOMES, R.N., LIMA, P.S., KURIYAMA, S.N., & NETO, A.A.F. Desenvolvimento da Química Verde no cenário industrial brasileiro. **Revista Fitos**, 80-89, 2018.

GONZÁLEZ-MARTÍN, Javier; KRAAKMAN, Norbertus Johannes Richardus; PÉREZ, Cristina; LEBRERO, Raquel; MUÑOZ, Raúl. A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control. **Chemosphere**, v. 262, p. 128376, jan. 2021.

GOVINDAN, K.; JEPSEN, M. B. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 250, p. 1-29, 2016.

GRAY, D. **Pesquisa no Mundo Real**. 2ª Edição. Porto Alegre: Penso, 2012.

GREENACRE, M. J., BLASIUS, J., 2006. Multiple correspondence analysis and related methods. **Chapman & Hall/CRC**, Boca Raton.

GUIDETTI, G; ATIFI, S; VIGNOLINI, S; HAMAD, WY (2016) Flexible Photonic Cellulose Nanocrystal Films. **Advanced Materials** 45: 10042-10047

HASSAN, A. A. E. H., ELNAGAR, S. A. E. M., EL TAYEB, I. M., & BOLBOL, S. A. E. H. (2013). Health hazards of solvents exposure among workers in paint industry. **Open Journal of Safety Science and Technology**, 3, 87-95, 2013.

HAZARDEX. **Casualties reported in Taiwan chemical plant blast**. Disponível em: <https://www.hazardexonthenet.net/article/111211/Casualties-reported-in-Taiwan-chemical-plant-blast.aspx>. Acesso em: 28 nov. 2022.

HEGAZI, M.M., ATTIA, Z.I., ASHOUR, O.A. **Oxidative stress and antioxidant enzymes in liver and white muscle of Nile tilapia juveniles in chronic ammonia exposure**. 2010.

HELLIO, C; DE LA BROISE, D; DUFOSSÉ, L; LE GAL, Y; BOURGOUGNON, N (2001) Inhibition of marine bacteria by extracts of macroalgae: potential use for environmentally friendly antifouling paints. **Marine Environmental Research** 3: 231-247

HERRERA, A.; ŠTINDLOVÁ, A.; MARTÍNEZ, I; RAPP, J., ROMERO-KUTZNER; V., SAMPER; M.D., MONTOTO; T., AGUIAR-GONZÁLEZ; B., PACKARD, T.; GÓMEZ, M. Microplastic ingestion by Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in the Canary Islands coast. **Marine Pollution Bulletin** 139, 127-135, 2019.

HINRICHS, A.R.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. Editora Cengage Learning. São Paulo. Brasil. 2003.

HONGHUI, Guo; WANG, Lin; XUEYANG, Wu; LINGKAI, Wang; DANDAN Zhang; LI LI, Dapeng Li; RONG Tang; LIPING Yang, YUMING, Qiu. Survival strategies of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*) juveniles for chronic ammonia exposure: Antioxidant defense and the synthesis of urea and glutamine. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, V. 230, 2020.

HOPPIN, J. A.; UMBACH, D.M.; LONDON, S.J.; ALAVANJA, M.C.R; SANDLER, D.P. Diesel Exhaust, Solvents, and Other Occupational Exposures as Risk Factors for Wheeze among Farmers. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. Vol 169.pp 1308-1313, 2004.

HORACEK, H; GRABNER, R (1996) Advantages of flame retardants based on nitrogen compounds. **Polymer Degradation and Stability** 2/3: 205-215

HUANG, Yu; SU, Ting; WANG, Liqin; WANG, Nan; XUE, Yonggang; DAI, Wanting; LEE, Shun Cheng; CAO, Junji; HO, Steven Sai Hang. Evaluation and characterization of volatile air toxics indoors in a heavy polluted city of northwestern China in wintertime. **Science of the Total Environment**, v. 662, p. 470-480, abr. 2019.

IARC (International Agency for Research on Cancer). **Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and paint**. IARC Monographs Eval Carcinog Risk Hum, vol 47: 1-142.1989.

IBRAHIN, F.I. D., IBRAHIN, F. J., & CANTUÁRIA, E. R. **Análise Ambiental: Gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes**. Saraiva, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 2431. **Paints and varnishes — Determination of flow time by use of flow cups**. ISO, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2431: 2019: Paints and varnishes: Determination of flow time by use of flow cups**. United States. 2019.

ISSEVER, H; OZDILLI, K; OZYILDIRIM, B.A. Respiratory Problems in Tannery Workers in Istanbul. **Indoor and Built Environment**. 2007; 16(2):177-183.

JAVED, A.; AARMIR, F.; GOHAR, U. F.; MUKHTAR, H.; ZIA-UL-HAQ, M.; ALOTAIBI, M. O.; BIN-JUMAH, M. N.; Marc (Vlaic), R. A.; POP, O. L.; The Potential Impact of Smog Spell on Humans' Health Amid COVID-19 Rages. **International Journal of Environment Research and Public Health**, 18, 11408 2021.

JERNECK, Anne; OLSSON, Lennart; NESS, Barry; ANDERBERG, Stefan; BAIER, Matthias; CLARK, Eric; HICKLER, Thomas; HORNBORG, Alf; KRONSELL, Annica; LÖVBRAND, Eva; PERSSON, Johannes. Structuring sustainability science. **Sustainability Science**, v.6, p.69-82, 2011.

JOHN, V.M., OLIVEIRA, D.P. Projeto de tecnologias para construção habitacional mais sustentável: Estado da Arte. Critérios de sustentabilidade para seleção de materias e componentes. **Journal of Building Environment**, v 7, pp 7-92.2006.

JORNA, René J.; HADDERS, Henk; FABER, Niels. Sustainability, learning, adaptation, and knowledge processing. In: KING, W.R. (Ed.). **Knowledge Management and Organizational Learning**. New York: Springer, 2009. p.369-384.

JUNG, C.; AWAD, J. The Improvement of Indoor Air Quality in Residential Buildings in Dubai, UAE. **Buildings**, v. 11, n. 6, p. 250, 10 jun. 2021.

KAJIKAWA, Y. Research core and framework of sustainability science. **Sustainability Science**, v.3, p.215-239, 2008.

KAMAL, M. S.; RAZZAK, S. A.; HOSSAIN, M. M.; Catalytic oxidation of volatile organic compounds (VOCs) – A review. **Atmospheric Environment**, Saudi Arabia, 2016.

KENDIG, M.; MILLS, D. J.; An historical perspective on the corrosion protection by paints. **Progress in Organic Coatings**, v.102, part A, p.53-59, 2017.

KIIL, S; WEINELL, CE; PEDERSEN, MS; DAM-JOHANSEN, K (2001) Analysis of self-polishing antifouling paints using rotary experiments and mathematical modeling. **Industrial & Engineering Chemistry Research** 18: 3906-3920.

KIONG, S. C., HAKIMI MOHD, S., ONG, P., & FIE, K. J. Iron oxide rust as raw material for the production of red pigment in paint industry. **Applied Mechanics and Materials**, 660, 2014, 229-233.

KOMIYAMA, Hiroshi; TAKEUCHI, Kazuhiko. Sustainability Science: building a new discipline. **Sustainability Science**, v.1, p.1-6, 2006.

KRIPPENDORFF, K. **Content analysis: an introduction to its methodology**. 3<sup>a</sup> Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2012.

KUMAR, A; VEMULA, P.K; AJAYAN, P. M; JOHN, G (2008) Silver- nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil. **Nature Materials** 3: 236 – 241.

LAERCE, L. P. **Fundamentos de Resistência à Corrosão**. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2007.

LEE, S.C.; KWOK, N.H.; GUO, H.; HUNG, W. T. The effect of wet film thickness on VOC emissions from a finishing varnish, **Science of The Total Environment**, Volume 302, Issues 1–3, 2003, Pages 75-84.

LEITE, F. T. **Metodologia científica: métodos e técnicas de pesquisa (monografias, dissertações, teses e livros)**. 2<sup>a</sup> Ed. Aparecida, SP: Ideias e Letras, 2008.

LI, J.; JIANXIANG, F.; RUI Y.; FANGMIN, Y.; SURUI P.; JIANGUO L.; YITING C.; JIANLIN G.; ZUFU L. Individual and combined effects of ammonia-N and sulfide on the immune function and intestinal microbiota of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, **Fish & Shellfish Immunology**, V. 92, P. 230-240, 2019.

LIMA, A.R.A.; COSTA, M.F.; BARLETTA, M. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. **Environmental Research**, 132, 146-155, 2014.

LIN, Wu-Ting; TSAI, Ru-Yin; CHEN, Hsiu-Ling; TSAY, Yaw-Shyan; LEE, Ching-Chang. Probabilistic Prediction Models and Influence Factors of Indoor Formaldehyde and VOC Levels in Newly Renovated Houses. **Atmosphere**, v. 13, n. 5, p. 675, 23 abr. 2022.

LINHARES, H, 2017. **Maiores produtores de tintas no Brasil**.<http://sohelices.com.br/31-maiores-fabricantes-de-tintas-do-brasil> (Acesso em Maio de 2020).

LIU, Z.; DOHERT, R. M.; WILD, O.; O'CONNOR, F. M.; TURNOCK, S. T. Tropospheric ozone changes and ozone sensitivity from the present day to the future under shared socio-economic pathways. **Atmospheric Chemistry and Physics**, 22, 1209, 2022

LOGANINA, VI.; SKACHKOV, YP.; RYZHOV, AD. (2018) Additive based on alumino silicates for lime dry mortar mixes. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** 441(1): 012028.

LOGANINA, Valentina Ivanovna; KISLITSYNA, Svetlana Nikolaevna; MAZHITOV, Yerkebulan Bisengalievich. Development of sol-silicate composition for decoration of building walls. **Case Studies in Construction Materials**, 2018.

LULEA, D.M.; IORDACHE, V.; NASTASE, I. Numerical model development of the air temperature variation in a room set on fire for different ventilation scenarios. **Appl. Sci.** 11, 11698, 2021.

MACEDO, M. A. S., NOVA, S, ALMEIDA, K, CASANOVA, S. P. C, 2009. **Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da análise envoltória de dados (DEA) em estudos nas áreas de Contabilidade e Administração** Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração- ENANPAD. ANPAD.

MANILA, D.P. Hydrogen cyanide: Risk assessment, environmental, and health hazard. In **Hazardous Gases Risk Assessment, Environment and Human Health**. Academic Press. Cambridge, MA, USA, pp. 183–195, 2021.

MAO, Q.; KAWAGUCHI, A.T.; MIZOBATA, S. et al. Sensitive quantification of carbon monoxide in vivo reveals a protective role of circulating hemoglobin in CO intoxication. **Commun. Biol** 4, 425, 2021.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297p.

MARIANI, Felipe Quadros et al. Pigmentos óxidos de ferro Síntese e Caracterização. **Abrafati Sustentabilidade**, 14º, p. 1-11, 2015.

MARTINOD, A., NEVILLE, A., EUVRAD, M., SORBIE, K. Electrodeposition of a calcareous layer: Effects of green inhibitor. **Chemical Engineering Science**, v. 64, 2413 - 2421, 2019.

MATLIN, S.A., MEHTA, G., HOPF, H., & KRIEF, A. The role of chemistry in inventing a sustainable future. **Nature chemistry**, 12, 941 - 943, 2015.

MEIRELLES, S.L. **Química Verde: A indústria química e seus impactos na indústria da construção**. Dissertação de Mestrado de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. 2007.

MELLO, V.M., SUAREZ P.A.Z. As Formulações de Tintas Expressivas Através da História. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 1, p. 2 – 12, 2012.

MENDEZ, A. Improving Project Performance Through Implementation of Agile Methodologies in the Renewable Energy Construction Industry. **Pro Quest Dissertations and Theses**, 2018.

MENTESE, Sibel; MIRICI, Nihal Arzu; ELBIR, Tolga; PALAZ, Elif; MUMCUOĞLU, Deniz Tasdibi; COTUKER, Osman; BAKAR, Coskun; OYMAK, Sibel; OTKUN, Muserref Tatman. A long-term multi-parametric monitoring study: indoor air quality (iaq) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (sbs) symptoms, and respiratory health indicators. **Atmospheric Pollution Research**, v. 11, n. 12, p. 2270-2281, dez. 2020.

MEP – MINISTRY ENVIROMENTAL PROTECTION OF CHINA. **China`s mainland home to 247 “cancer villages”**.2014.Link: [http://refhub.elsevier.com/S0160-4120\(18\)32926-X/rf0125](http://refhub.elsevier.com/S0160-4120(18)32926-X/rf0125). Acesso em 29 de Abril de 2020.

MERÇON, F.; MAINIER, F. B.; CANESSO GUIMARÃES, P. I. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Química Nova na Escola, n.19, p. 11-14, 2004.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em Ciências Sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos**. São Paulo: Atlas, 2009.

MINAYO, M. C. S.; MINAYO-GOMÉZ, C. Difíceis e possíveis relações entre métodos quantitativos e qualitativos nos estudos de problemas de saúde. In: GOLDENBERG, P.; MARSIGLIA, R. M. G.; GOMES, M. H. A. (Orgs.). **O clássico e o novo: tendências, objetos e abordagens em ciências sociais e saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p.117-42.

MING Li, Na Yu, JIAN G. Qin, ERCHAO Li, ZHENYU Du, LIQIAO Chen. Effects of ammonia stress, dietary linseed oil and Edwardsiella ictaluri challenge on juvenile darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli*, **Fish & Shellfish Immunology**. V.38, Pg. 158-165, 2014.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **NR 15: Atividades e Operações Insalubres. Anexo XI – Agentes Químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho**. Brasil. 1994.

MIZUTANI, T; ARAI, K; MIYAMOTO, M; KIMURA, Y (2006) Application of silica-containing nano-composite emulsion to wall paint: A new environmentally safe paint of high performance. **Progress in Organic Coatings** 3: 276-283

MOLHAVE, L., KJAERGAARD, S.K., LEBOWITZ, M. Interaction between ozone and airborne particulate matter in office air. **Indoor Air**. Vol 15. pp. 383-392.2005.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOREIRA, L. F. **Do campo para a indústria química: oportunidades para o Brasil na bioeconomia mundial**. Dissertação de Mestrado, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, Brasil, 2019.

NAKAGAWA S., SCHIELZETH H. (2013) A general and simple method for obtaining R<sup>2</sup> from generalized linear mixed-effects models. **Methods in Ecology and Evolution** 4:133–142.

NASCIMENTO, F. C. Tratamento de efluentes da produção de tintas industriais, automotivas e de repintura por irradiação com feixe de elétrons. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. **Repositório Digital da Produção Técnico Científica**, São Paulo, 2013.

NATALENSE, J.C.; GRAZIANI, M.; KURIYAMA, R. Solventes, IN: **Tintas – Ciência e Tecnologia**. 4ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 1124 p., 2009.

NEFF, M. W.; CORLEY, E.A, 2009. 35 years and 160,000 articles: A bibliometric exploration of the evolution of ecology. **Scientometrics** 80, 657–682.

NEVES, R. B., COSTA, H. G. Avaliação de programas de pós-graduação: proposta baseada na integração ELECTRE TRI, SWOT e sistema CAPES. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 1, n. 3, p. 276-298, 2006.

NIOSH. **Ethylene Glycol: Systemic Agent**. Estados Unidos. 2021. Disponível em: [https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard\\_29750031.html](https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750031.html). Acesso em: 20 out. 2022.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). **Recommendations for Occupational Safety and Health**. U.S. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control. Ohio.1992.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). **Toluene**. Estados Unidos. 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/toluene/default.html>. Acesso em: 07 jan. 2023.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). **Xylene**. Estados Unidos. 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/xylene/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

NIU, J., L.; BURNETT, J. Setting up the criteria and credit-awarding scheme for building interior material selection to achieve better indoor air quality, **Environment International**, Volume 26, Issues 7–8,2001, Pages 573-580, ISSN 0160-4120.

NORBACK, D., BJORNSSON, E., JANSON, C., WIDSTROM, J., BOMAN, G. Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde, and carbon dioxide in dwellings. **Occupational and Environmental Medicine**, 1995; 52:388-395.

NUNES, L. P. e LOBO, A.C. O. Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva. Rio De Janeiro: **Interciência**, 2007.

OHNO, T., 2019. Understanding diverse trajectories of environmental governance studies: a citation network analysis. **Environment Systems and Decisions** 39.214–228.

OLIVEIRA, N.C., 2009. **Seleção de microrganismos endofíticos com potencial para biorremediação de ambientes contaminados com hidrocarbonetos de petróleo e / ou derivados**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical. Universidade Federal de Goiás, 85, 2009.

OLIVEIRA, Tarcisio Michael Ferreira Soares; TIBÃES, Egídio Silva; FERNANDES, Maraísa Kíssila Oliveira. Biodeteriorização de tintas por ação dos microrganismos, especialmente os fungos filamentosos. **Tintas e suas Aplicações: Conceitos, Tecnologias e Possibilidades**, Diamantina, Minas Gerais, UFVJM, 2022, p. 168.

OSPAR (Convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic), 2021. **Ospar Comission**. Disponível em: <https://www.ospar.org/work-areas/oic/chemicals>, Acesso em: 07 mai. 2022.

OSHA - Indoor Air Quality in Commercial and Institutional Buildings. **Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor**, 2011.

OSHA<sup>a</sup> – **About OSHA**. Disponível em: <http://www.osha.gov/about.html>, acessado em. 179. Acessado em: 15 dez. 2022.

OSHA<sup>b</sup> – **Occupational Safety and Health Standards**. Disponível em: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=993](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=993). Acessado em: 05 abr. 2023.

OSPAR. **Assessment document of land-based inputs of microplastics in the marine environment**. The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic Environmental Impact of Human Activities Series, 2017.

OSHA. Safety and Health Regulations for Construction. **Occupational Safety and Health Administration** - **OSHA**. Disponível em: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STAN DARDS&p\\_id=10629](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STAN DARDS&p_id=10629). Acessado em: 20 mar. 2023

PACHECO, Roberto Carlos dos Santos; FREIRE, Patrícia de Sá; TOSTA, Kelly Cristina B.T. Experiência multi e interdisciplinar do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da UFSC. In: PHILIPPI JR., A.; SILVA NETO, A.J. (Eds.). **Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia e Inovação**. Barueri, SP: Manole, 2011. p.566-606.

PAGEL, Érica Coelho; ALVAREZ, Cristina Engel de; REIS Jr, Neyval Costa. **O edifício sustentável e a qualidade do ar interno**. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. São Paulo: ANTAC, p. 2235-2245, 2016.

PAGEL, Érica Coelho. **Qualidade do ar interno da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e sua relação com os materiais de construção e as atividades humanas**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

PANDEY, Padmini; KIRAN, U. V. Exposure to paints and respiratory health ailments among painting workers. **Cogent Engineering**, v. 10, n. 1, p. 2185936, 2023.

PANKOW, J.F.; THOMSON, N; JOHNSON, R. D.; BAEHR, A.; ZOGORSKY, J. The Urban Atmosphere as a Non-Point Source for the Transport of MTBE and Other Volatile Organic Compounds (VOCs) to Shallow Groundwater. **Environmental Science & Technology** 1997 31 (10), 2821-2828.

PASADEOS, Y., PHELPS, J., & KIM, B. H. (1998). Disciplinary impact of advertising scholars: Temporal comparisons of influential authors, works and research networks. **Journal of Advertising**, 27(4), 53-70.

PATIÑO GUÍO, Lyda Milena. **Compostos orgânicos voláteis em tintas imobiliárias: caracterização e efeitos sobre a qualidade do ar em ambientes internos construídos**. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PEDROSA, A. L. Utilização do carvão produzido a partir do capim Andropogon (Andropogon Gayanus Kunt cv. Planaltina) para o pós-tratamento de efluente de indústria de tinta por filtração. **Repositório Universidade Federal do Tocantins**, 2019.

PELLETIER, NL; AYER, NW; TYEDMERS, PH; KRUSE, SA; FLYSJO, A; ROBILLARD, G; ZIEGLER, F; SCHOLZ, AJ; SONESSON, U (2007) Impact categories for life cycle assessment research of seafood production systems: Review and prospectus. **International Journal of Life Cycle Assessment** 6: 414-421

PINTO, D.; CEBALLOS, J.M.; GARCIA, G.; GUZMAN, P.; DEL RAZO, L.M.; VERA, E.; GOMEZ, H.; GARCIA, A.; GONSEBATT, M.M. Increased cytogenetic damage in outdoor painters, Mutation Research/Genetic. **Toxicology and Environmental Mutagenesis**, Volume 467, 2000, Pages 105-111.

PINTO, R. F., GUERRAZZI, L C., SERRA, B DE C., KNISS, C. T., 2016. Pesquisa em Administração Estratégica: Um Estudo Bibliométrico em Revistas Internacionais de Estratégia de 2008 a 2013. **Ibero-American Strategy Magazine** 15.22–37.

PODSAKOFF, P.M., MACKENZIE, S.B., BACHRACH, D.G., PODSAKOFF, N.P., 2005. The influence of management journals in the 1980 and 1990. **Strategy. Manag. J.** 26 (5), 473 e 488.

POSTHUMA, L., ZIJP, M.C., De ZWART, D. et al. **Chemical pollution imposes limitations to the ecological status of European surface waters**. Sci, 2020.

PRATICHI, Singh; DEEPAK, Yadav; S. PANDIAN, E. Link between air pollution and global climate change, **Global Climate Change, Elsevier**, Pag. 79-108, 2021.

PRICE, D., 1965. Networks of scientific papers. **Science** 149:510–515.

QIYUE Mao; XUANSU Zhao; AKIKO Kiriyama; SHIGERU Negi; YASUTAKA Fukuda; HIDEKI Yoshioka; AKIRA T. Kawaguchi; MOTTERLINI, Roberto; FORESTI, Roberta; KITAGISHI, Hiroaki, A synthetic porphyrin as an effective dual antidote against carbon monoxide and cyanide poisoning , **PNAS** 2023. n. 9 v. 120, 2023.

QURESHI, S. A.; AHMED, Sheraz. Effect of Operating Parameters and Particle Size of Calcium Carbonate on the Physical Properties of Latex Paint. **Biomed J Sci& Tech Res**, v. 39, n. 1, 2021.

RECH TH, BONIATTI MM, FRANKE CA, LISBOA T, WAWRZENIAK IC, TEIXEIRA C, et al. Inhalation injury after exposure to indoor fire and smoke: The Brazilian disaster experience. **Burns**. 42:884–90, 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

ROCHA, A.N., KAIRALLA, R.B., FERRACIOLI, A.C., ALFINITO FILHO, C. Aditivos In: **Tintas – Ciência e Tecnologia**. 4ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 1124 p., 2009.

ROCHIKASHVILI, Jan C. Bongaerts. Multi-criteria Decision-making for Sustainable Wall Paints and Coatings Using Analytic Hierarchy Process. **Energy Procedia**, V. 96, 923-933, 2016.

ROMEO, C; ZINZI, M (2013) Impact of cool roof application on the energy and comfort performance in an existing non-residential building. A Sicilian case study. **Energy and Buildings** 647-657

RONDA-PUPO, G. A., & GUERRAS-MARTIN, L. Á. (2012). Dynamics of the evolution of the strategy concept 1962–2008: a co-word analysis. **Strategic management journal**, 33(2), 162-188.

ROSA, L.A.Z.C. **Avaliação de fator de risco ocupacional no setor de fabricação de tintas em uma fábrica localizada na região sul de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Ciências da Saúde. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Janeiro 2009.

ROSTAINING, H. 1997. **Bibliometrics and its techniques: Sciences of the Society** [in French], Toulouse, France.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. Aide multicritère à la décision: méthodes et cas, **Economica**, Paris, 1993.

SAHLBERG, B.; MI, YH; NORBÄCK, D. Indoor environment in dwellings, asthma, allergies, and sick building syndrome in the Swedish population: a longitudinal cohort study from 1989 to 1997. **Int Arch Occup Environ Health**, 82, 1211–1218 (2009).

SAIJO, Y., KISHI, R., SATA, F., KATAKURA, Y., URASHIMA, Y., HATAKEYMA, A., KOBAYASHI, S., JIN, K., KURAHASHI, N, KONDO, T, GONG, Y.Y., UMEMURA, T. Symptoms in relation to chemicals and dampness in newly built dwellings. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, 77, 461–470 (2004).

SAKAI, A. S; SOGABE, M. N.; Os precursores do ozônio emitidos na região metropolitana de São Paulo. **CETESB**, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/#:~:text=Os%20arom%C3%A1ticos%20monoc%C3%Aldlicos%20s%C3%A3o%20precursores,causar%20efeitos%20adversos%20%C3%A0%20sa%C3%BAde.&text=S%C3%A3o%20formados%20durante%20processos%20de,emiss%C3%A3o%20dos%20%C3%B3xidos%20de%20nitrog%C3%AAnio>. Acesso em: 11 abr. 2023.

SALASAR, C. J. **Estudo sobre a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) em Tintas Imobiliárias a Base de Solvente e Água.** Dissertações de Mestrado. Centro de Ciências Exatas – Departamento de Química. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006.

SANT'ANNA, A.; ALENCAR, A.; PINHEIRO, B.; Araujo, C.; VORMITTAG, E.; WICHER, H.; BORGES, K.; FARIA, M.; ANDRADE, M. de F.; PORTO, P.; ARTAXO, P.; ROCHA, R.; ESTURBA, T.; SIMONI, W. F de.. O estado da qualidade do ar no Brasil. **WRI Brasil**, 2021.

Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTANA, G. B. et al. Aplicação da semente de moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante natural no tratamento de efluente de indústria de tintas no Ceará. **Revista Tecnologia**, v. 41, n. 1, 2020.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SANTOS, J. M.; MAVROIDIS, I.; REIS JR, N. C.; PAGEL, E. C. Experimental investigation of outdoor and indoor mean concentrations and concentration fluctuations of pollutants. **Atmospheric Environment**, London, v. 45, n. 36, p. 6534-6545, nov. 2011.

SARAGA, Dikaia E.; ASIMINA, Stamatelopoulou; ASIMAKOPOULOS, D. N.; VASILAKOS, Christos. The link between residential air quality and children's health. **Fresenius Environmental Bulletin**, Grécia, v. 26, n. 1/2017, p. 162-176, jan. 2017.

SASTRI, V.S. Green corrosion inhibitors: theory and practice. **John Wiley & Sons**. New Jersey, 2011.

SCHUMACHER, JF; LONG, CJ; CALLOW, ME; FINLAY, JA; CALLOW, JA; BRENNAN, AB (2008) Engineered nanoforce gradients for inhibition of settlement (attachment) of swimming algal spores. **Langmuir** 9: 4931-4937

SHERIF, E.-S. M. **Effects of 5-(3-aminophenyl) -tetrazole on the inhibition of unalloyed iron corrosion in aerated 3.5% sodium chloride solutions as a corrosion inhibitor**. *Materials Chemistry and Physics*, v. 129, p. 961-967, 2011.

SHI, J., DUAN. K., WU, G., ZHANG, R., FENG, X., 2020. Comprehensive metrological and content analysis of the public–private partnerships (PPPs) research field: a new bibliometric journey. **Scientometrics** 124. 2145–2184.

SILVA, Débora Guimarães da; COSTA, Vilma Conceição; NUNES, Rogério Antônio Xavier. Preparation of antireflective silica coating by the sol-gel method for heliothermic power plants. **Materials Research**, v. 21, 2018.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª Ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, M. R. 2004. **Análise bibliométrica da produção científica de docentes do programa de pós-graduação em educação especial/UFSCar**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo.

SILVA, M.R.A.; OLIVEIRA, M.C.; NOGUEIRA, F.P. Estudo da aplicação do processo de foto-Feton solar na degradação de efluentes de indústrias de tintas. **Eclética Química**. Vol 29. Nº2. 2004.

SIMMONS, L. H., OLIN'S. Construction: Principles, Materials, and Methods. **John Wiley and Sons**, 9th Edition, 2011.

SMALL H., 1973. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for Information Science** 24.265–269.

SODRÉ, Eduardo Delfino; TÓRTORA, João Carlos de Oliveira; CORRÊA, Sérgio Machado. **Avaliação da qualidade do ar interior do Hospital Universitário Pedro Ernesto**. Sustinere, v. 2, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/14126>. Acesso em: 05 jan 2022.

SON, M.H.; KIM, Y.; Jo, Y.H.; KWON, M. Assessment of chemical asphyxia caused by toxic gases generated from rigid polyurethane foam (RPUF) fires. **Forensic Sci. Int.** 328, 2021.

SOUZA, M. de O.; VIEIRA, H. G.; SÁNCHEZ. B.; CANELA, M. C. O estado da arte de compostos carbonílicos voláteis em ambientes internos: impactos à saúde e metodologias de amostragem e análises. **Química Nova**, 2021.

SPANGENBERG, Joachim H. Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. **Environmental Conservation**, v.38, n.3, p.275-287, 2011.

SREEKAKULA A.; KATHYAYANI, Modem; POORNIMA, Suvana; SUKUMARAN, Arunachalam; NAGAVEL, Moturi Muralidhar. Effect of ammonia stress on immune variables of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* under varying levels of pH and susceptibility to white spot syndrome virus, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, V. 184, 2019.

SRINIVASAN, M; SWAIN, GW (2007) Managing the use of copper-based antifouling paints. **Environmental Management** 3: 423-441

SRIVASTADA, P.K.; PANDIT, G.G.; SHARMA, S.; MOHAN RAO, A.M. Volatile organic compounds in indoor environments in Mumbai, India, **Science of The Total Environment**, Volume 255, Issues 1–3,2000, Pages 161-168.

STOLL S; KRÜGER S; Roider G; KRAUS S; KEIL W. Hydrogen cyanide in fire tests. **Rechtsmedizin**. 26,184–8, 2016.

STOLL S; ROIDER G; KEIL W. Concentrations of cyanide in blood samples of corpses after smoke inhalation of varying origin. **Int J Legal Med**.131:123–9, 2017.

SUN Y., GRIMES, S., 2016. The emerging dynamic structure of national innovation studies: a bibliometric analysis. **Scientometrics** 106.17–40.

TAKAOKA, Motoko; SUZUKI, Kyoko; NORBÄCK, Dan. The home environment of junior high school students in Hyogo, Japan – Associations with asthma, respiratory health and reported allergies. **Indoor And Built Environment**, v. 25, n. 1, p. 81-92, 9 jun. 2014.

TAKIGAWA, T., WANG, BL., SAIJO, Y., MORIMOTO, K., KAKAYAMA, K., TANAKA, M., SHIBATA, E., YOSHIMURA, T., CHICARA, H., OGINO, K., KISHI, R. Relationship between indoor chemical concentrations and subjective symptoms associated with sick building syndrome in newly built houses in Japan. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, 83, 225–235 (2010).

TURNER, A.; KEARL, E. R.; SOLMAN, K. R.; Lead and other toxic metals in playground paints from South West England. **Science of The Total Environment**, v.544, p.460-466, Fevereiro, 2016.

UEMOTO, K.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. **Coletânea Habitare: construção e meio ambiente**. v. 7. p. 58-95. 2006.

UEMOTO, Kai Loh; AGOPYAN, Vahan; VITTORINO, F. Concrete protection using acrylic latex paints: Effect of the pigment volume content on water permeability. **Materials and Structures**, v. 34, p. 172-177, 2001.

UEMOTO, Kay Loh, SILVA, Josias. **Caracterização de tintas látex para construção civil: Diagnóstico do mercado do estado de São Paulo**. Boletim Técnico. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

UNGER, N.; On the role of plant volatiles in anthropogenic global climate change. **Geophysical Research Letters**. 41, 8563, 2014.

VAN ECK N. J., WALTMAN L., DEKKER, R., WALTMAN L., VAN DEN BERG J., 2008. **An experimental comparison of bibliometric mapping techniques. In 10th International Conference on Science and Technology Indicators**, Vienna, Austria.

VAN ECK, N.J., WALTMAN, L., 2010. Software survey: VOS viewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics** 84 (2): 523–538.

VENN, A. J., COOPER, M., ANTONIAK, M. LAUGHLIN, C., BRITTON, J., LEWIS, S.A. Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children, **Thorax**, 2003;58:955-960.

VERMA, A. K.; DASH, R. R.; BHUNIA, P. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. **Journal of Environmental Management**, v. 93, n. 1, p. 154–168, jan. 2012.

VERSCHOOR, A.; Poorter, L. de, Dröge, R., Kuenen, J.; Valk, E. **Emission of microplastics and potential mitigation measures: Abrasive cleaning agents, paints and tyre wear**, 2016.

VERT, M; DOI, Y; HELLWICH, K. H; HESS, M; HODGE, P; KUBISA, P; RINAUDO, M; SCHUE, F (2012) Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). **Pure and Applied Chemistry** 2: 377 – 408

VIEGAS, C.V., BOND, A.J., VAZ, C.R., BORCHARDT, M., PEREIRA, G.M., SELIG, P.M., VARVAKIS, G., 2016. Critical attributes of Sustainability in Higher Education: a categorization from literature review. **J. Clean. Prod.** 126, 260 e 276.

VILLARINHO, A. L. C. F.; MELO, M. D. G. M.; MOUTINHO, W. D. C. D. E.; TEIXEIRA, L. R. Perfil demográfico e clínico de casos ocupacionais de sensibilização a metilisotiazolinona e Kathon CG. **Estudo seccional. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, 47, 2022.

WBC. Eco-Efficiency and Cleaner Production: Charting the Course to Sustainability. **United Nations Environment Programme**. Estados Unidos, 1999. Disponível em: [http://wbcsdservers.org/wbcsdpublications/cd\\_files/datas/](http://wbcsdservers.org/wbcsdpublications/cd_files/datas/). Acessado em: 25 nov. 2022.

WHO (World Health Organization). **Air pollution at home**. 2023. Disponível em: <https://www.asthmaandlung.org.uk/living-with/indoor-air-pollution/home#what-is-indoor-air-pollution>. Acesso em: 04 mar. 2023.

WHO (World Health Organization). Chronic respiratory diseases, 2022. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/chronic-respiratorydiseases#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/chronic-respiratorydiseases#tab=tab_1). Acesso em: 03 mar. 2023.

WHO (World Health Organization). **International Agency for Research on Cancer (IARC)**. Estados Unidos. 2023. Disponível em: <https://www.iarc.who.int/> Acesso em: 21 abr. 2023.

WHO (World Health Organization). **World Health Report, 2010**. Acessado em: [http://www.who.int/healthsystems/topics/financing/healthreport/whr\\_background/en/](http://www.who.int/healthsystems/topics/financing/healthreport/whr_background/en/). Disponível em: 15 dez. 2022.

WOLKOFF, P. Impact of air velocity, temperature, humidity, and air on long-term VOC emissions from building products, **Atmospheric Environment**, Volume 32, Issues 14–15, 1998, Pages 2659–2668.

YASSI, Annalee; KJELLSTRÖM, Tord; DE KOK, Theo; GUIDOTTI, Tee L. **Basic environmental health**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2001.

YOON, H. I.; HONG, Y. C.; CHO, S. H.; KIM, H.; SHON, J. R.; KWON, M.; PARK, S.H.; CHO, M. H.; CHEONG, H.K. Exposure to Volatile Organic Compounds and Loss of Pulmonary Function in the Elderly, **Epidemiology**: November 2009 - Volume 20 - Issue 6 - p S120.

ZANONI, Magda. **Práticas interdisciplinares em grupos consolidados**. In: PHILIPPI JR., A.; TUCCI, C.E.M.; HOGAN, D.J.; NAVEGANTES, R. (Eds.). *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000. p.111-130.

ZHANG, Guirong; ZHAO, Zongjian. Green packaging management of logistics enterprises. **Physics Procedia**, v. 24, p. 900–905, 2012.

ZHAO, D., STROTMANN, A., 2008. Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996–2005: Introducing author bibliographic-coupling analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology** 59.2070–2086.

ZHAO, M., YAO, D., Li, S., ZHANG, Y., AWEYA, J.J. Effects of ammonia on shrimp physiology and immunity: a review. **Rev. Aquacult.** 12, 2194–2211, 2020

ZUPIC, I., ČATER, T. 2015. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods** 18.429–472.

## APÊNDICE

### Apêndice 1 – Questionário

Antes de apresentar o roteiro preliminar do questionário são destacados os seus principais objetivos e como o roteiro foi estruturado. Esse questionário será aplicado á arquitetos e engenheiros civis, a fim de avaliar o nível de conhecimento destes profissionais sobre questões relativas à sustentabilidade em tintas imobiliárias e a importância que estes profissionais dão, a critérios de sustentabilidade no momento da seleção de tintas imobiliárias para seus empreendimentos.

O roteiro do questionário inicia com a solicitação da priorização ordinal de critérios, relativos a aspectos importantes a serem considerados na seleção de tintas imobiliárias. São 10 critérios relacionados e estes foram escolhidos, com base em consulta a normas relativas ao desempenho adequado de tintas imobiliárias e com base em indicadores de sustentabilidade, estudados a partir da revisão da literatura. Na sequência são relacionadas algumas perguntas para avaliar o nível de conhecimento destes profissionais, sobre aspectos que relacionam tintas imobiliárias e sustentabilidade.

### QUESTIONÁRIO

<b>Nome do informante:</b>	
<b>Formação:</b>	

<b>Informações introdutória e sobre consentimento</b>
<p>Este questionário é um instrumento de coleta de informações, para a realização da minha tese de doutorado. A tese tem por objetivo avaliar a importância de alguns critérios utilizados, para a seleção de tintas imobiliárias e outros aspectos inerentes ao tema. Para isso, conto com a ajuda dos colegas arquitetos e engenheiros civis. A ajuda de vocês é fundamental, para que eu possa finalizar o meu estudo. Desde já agradeço a gentileza de todos.</p> <p>Não há benefícios ou riscos diretos para você participar deste estudo e sua participação é voluntária. Você pode optar por ignorar qualquer pergunta e todas as informações que você fornecer serão mantidas em sigilo.</p>

Os resultados do estudo serão utilizados na pesquisa de tese e os dados deste estudo podem ser compartilhados ou usados em pesquisas futuras, mas não conterão nenhuma informação identificável sobre você.

As informações fornecidas são do interesse legítimo do pesquisador, na busca pelo objetivo da pesquisa descrito neste formulário de consentimento. Ao aceitar participar dessa entrevista, você indica seu consentimento e reconhece que entende que, uma vez fornecidos, os dados não poderão ser apagados.

Agradecemos a sua participação e sua contribuição será muito importante para essa pesquisa!

Você aceita preencher o questionário?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
---------------------------------------	--

**Questão 1:** No momento da seleção de tintas imobiliárias para empreendimentos, quais critérios você considera mais relevantes? Ordene os critérios de 1 a 10, sendo que o de número 1 corresponde à prioridade máxima e o de número 10, prioridade mínima.

Obs.: São 10 critérios e todos devem receber uma numeração.

- Preço
- Marca
- Estética
- Proteção conferida
- Custo de manutenção
- Baixa Toxicidade
- Baixas emissões
- Baixa energia incorporada
- Longa durabilidade
- Gestão de resíduos na produção

**REGISTRO DA RESPOSTA:**

--

**Questão 2:** Você já ouviu falar em FISPQ? (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico) Se sim, você solicita e/ou consulta antes da compra da tinta?

**REGISTRO DA RESPOSTA:**

--

**Questão 3:** Você já ouviu falar em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto? Se sim, discorra brevemente sua percepção sobre o tema.

<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 4:</b> Já ouviu falar no conceito de produtos químicos ambientalmente amigáveis? Se sim, discorra brevemente sua percepção sobre o tema.
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 5:</b> Você tem conhecimento de alguma doença relacionada à inalação/manuseio de compostos presentes em tintas? Se sim, cite alguma(s).
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 6:</b> Já ouviu falar nos selos ambientais? Se sim, qual sua opinião sobre eles? Discorra brevemente sobre.
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 7:</b> Você tem conhecimento de algum acidente relacionado com a utilização ou produção de tintas? (queimaduras, explosões, etc.) Se sim, discorra brevemente sobre.
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 8:</b> Você tem conhecimento de alguma iniciativa de reciclagem de embalagens de tintas, por parte de algum fabricante? Se sim, discorra brevemente sobre.
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>
<b>Questão 9:</b> Há algo mais que deseja acrescentar?
<b>REGISTRO DA RESPOSTA:</b>