



**ESTUDO COMPARATIVO DO ÍNDICE DE CORROSÃO APARENTE EM
CHAPA METÁLICA GALVALUME COM PROTEÇÃO EM CAMADAS DE
POLÍMEROS DE BASE ELASTOMÉRICA**

CURITIBA
2020



ALESSANDRO RAFAEL GAZZI

DANIELE TEREZINHA RIBEIRO TOMAZONI

**ESTUDO COMPARATIVO DO ÍNDICE DE CORROSÃO APARENTE
EM CHAPA METÁLICA GALVALUME COM PROTEÇÃO EM
CAMADAS DE POLÍMEROS DE BASE ELASTOMÉRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

CURITIBA
2020

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus primeiramente, a nossa família pela paciência, gostaríamos de fazer um agradecimento especial a Professora Dr. Edna Possan e a mestranda Gabriela Leite que sem elas, não seria possível a realização do experimento, ao nosso Orientador De Luca pela sua disposição e a todos os professores que passaram pelo nosso caminho, que incentivaram a buscar a Engenharia civil na sua excelência, dessa bela e complexa profissão, sendo aqui apenas o primeiro passo na busca pelo conhecimento.

RESUMO

Costumeiramente barracões industriais possuem coberturas com telhas metálicas, porém, alguns inconvenientes podem ser verificados com o passar do tempo. Com o surgimento de infiltrações nos pontos de fixação, sobreposição de telhas e nos cortes de rufos e calhas, assim como a degradação da camada protetora (Alumínio, Zinco e Silício), aplicada na chapa metálica da telha no processo industrial, surgem os indesejados pontos de corrosão.

Este estudo propôs, comparar a eficiência de diferentes tipos de polímeros com base elastomérica (borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida), aplicados em diversas camadas sobre chapas metálicas, na proteção contra a corrosão aparente. Para tanto foi realizado um programa experimental com chapa de 20 cm x 20 cm com furos simétricos simulando cortes. Os produtos foram aplicados as chapas em diferentes quantidades de camadas e as mesmas foram expostas a câmara de névoa salina, com a finalidade de acelerar o processo de corrosão na chapa. Como resultado obtve pontos de corrosão em todas as chapas, independentemente à aplicação do polímero e da quantidade de camadas para este ambiente salino. Os produtos utilizados borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida, não apresentaram uma perfeita eficiência no que se refere à proteção a corrosão.

Palavras chave: Agentes de corrosão, chapas metálicas, Impermeabilizantes.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Mecanismos de corrosão	11
Figura 2: Corrosão eletrólita.....	12
Figura 3: Corrosão galvânica	12
Figura 4: Corrosão em telhas galvânicas	13
Figura 5: Corrosão de aço em diferentes ambientes	14
Figura 6: Esquema de classificação das técnicas de fabricação de metais	17
Figura 7: Principais técnicas de processamento de metais	17
Figura 8: Processo de fundição	18
Figura 9: Processo de fabricação da metalúrgica em pó.....	19
Figura 10: Processo de solda por pressão	20
Figura 11: Processo de extrusão direta	21
Figura 12: Estampagem	22
Figura 13: Laminação	22
Figura 14: Laminação a quente	23
Figura 15: Laminação a frio.....	23
Figura 16: Chapa grossa.....	23
Figura 17: Chapa xadrez	24
Figura 18 : Chapa Laminada a quente e lâmina a frio	24
Figura 19: Chapa de aço perfurada	25
Figura 20: Telha Trapezoidal galvanizada.....	26
Figura 21: Telha Trapezoidal Aluzinc ou Galvalume.....	26
Figura 22: Telha Trapezoidal Aço inoxidável	26
Figura 23: Transposição e fixação das telha metálica	27
Figura 24: Dimensão da telha trapezoidal	28
Figura 25: Telha Trapezoidal com enchimento de EPS.....	28
Figura 26: Ilustração de classe polimérica.....	30
Figura 27: Polímeros	31

Figura 28: Transição térmica dos polímeros.....	32
Figura 29: Aplicação de borracha líquida em telhado galvanizado...	33
Figura 30: Aplicação de borracha líquida em telhado galvanizado.....	34
Figura 31: Aplicação de borracha termoplástica em telhado galvanizado	35
Figura 32: Aplicação de manta líquida em telhado galvanizado	35
Figura 33: Croqui esquemático da chapa metálica	36
Figura 34: Nomenclatura aplicada às chapas aplicadas elastômero ...	37
Figura 35: Balança de precisão Marte	38
Figura 36: Chapa metálica	39
Figura 37: Câmara névoa salina.....	40
Figura 38: Chapa dentro da câmara névoa salina.	40
Figura 39: Chapas no início do experimento na Câmara Salina.....	41
Figura 40: Chapa com corrosão aparente.....	42
Figura 41: Chapa com alterações	43
Figura 42: Aparência de casca de laranja.	44
Figura 43: Bolhas e esfolação da peça.....	45
Figura 44: Corrosão instalada na chapa.	45
Figura 45: Perda de camada de proteção	46
Figura 46: Chapa com produto A uma camada textura alterada.....	47
Figura 47: Chapa com produto A com duas camadas, verso com escorregamento de material	47
Figura 48: Chapa com produto A com três camadas, empolamento. .	48
Figura 49: Chapa com aplicação de uma camada de produto B.....	50
Figura 50: Chapa com aplicação de duas camadas de produto B.....	51
Figura 51: Chapa com aplicação de três camadas de produto B.....	51
Figura 52: Chapa com aplicação de três camadas de produto C.....	54
Figura 53: Chapa com aplicação de duas camadas de produto C.....	54
Figura 54: Chapa com aplicação de três camadas de produto C.....	55

TABELAS

Tabela 1: Quadro de composição do polímero com Base elastomérica.....	37
Tabela 2: Tabela de amostras.....	38
Tabela 3: Tabela de massa (g) do polímero elastomérica.....	39
Tabela 4: Tabela de pesagem das chapas do produto A	48
Tabela 5: Tabela de pesagem das chapas do produto B.....	52
Tabela 6: Tabela de pesagem das chapas do produto C.....	55

GRÁFICO

Gráfico 1: Gráfico de pesagem das chapas do produto A.....	49
Gráfico 2: Gráfico da perda de espessura.	50
Gráfico 3: Gráfico de pesagem das chapas do produto B.....	53
Gráfico 4: Gráfico de espessura das chapas do produto B.....	53
Gráfico 5: Gráfico de pesagem das chapas do produto C.....	56
Gráfico 6: Gráfico de espessura das chapas do produto C.....	57

FICHA TÉCNICA

Ficha Técnica 1: Boletim técnico da borracha Líquida	66
Ficha Técnica 2: Boletim técnico da borracha Termoplástica.....	67
Ficha Técnica 3: Boletim técnico da borracha Termoplástica.....	68
Ficha Técnica 4: Boletim técnico da Manta Líquida	69

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	6
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	7
SUMÁRIO.....	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	6
1.1.1. Objetivo Geral	6
1.1.2. Objetivos Específicos	6
1.2. HIPÓTESE.....	7
1.3. JUSTIFICATIVAS	7
1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	8
1.5. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	10
2.1. Corrosão	10
2.2. Corrosão Galvânica.....	12
2.3. Meios Corrosivos	14
2.4. Íons Cloretos	15
2.5. Conceito de Metal	16
2.5.1. Processo de produção metálica	17
2.5.2. Fundição	18
2.5.3. Forjamento.....	18
2.5.4. Metalúrgica a pó.....	19
2.5.5. Soldagem	20
2.5.6. Trefilagem	20
2.5.7. Extrusão.....	21
2.5.8. Estampagem	21
2.5.9. Embutimento	22
2.5.10. Laminação	22
2.6. Tipos de chapas de aço.....	23

2.7. Telhas Metálicas.....	25
2.8. IMPERMEABILIZAÇÃO	29
2.8.1. Polímeros.....	30
2.8.2. Polímero Elastômeros: Borracha Líquida	33
2.8.3. Polímero Elastômeros: Borracha termoplástica	34
2.8.4. Polímero Elastômeros: Manta Líquida.....	35
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL	36
3.1. Sistematização do Programa experimental	36
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
4.1. Análise qualitativa das alterações nas aparente das chapas.	41
4.2. Resultados da aplicação do produto A	46
4.3. Resultados da aplicação do produto B	50
4.4. Resultados da aplicação do produto B	54
4.5. Comparação dos resultados dos três produtos.	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
5.1. Considerações finais.....	59
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
7. ANEXO.....	66

1. INTRODUÇÃO

Em regiões litorâneas e industriais a ação de diversos fatores ambientais, promove com maior frequência, aos metais, uma deterioração, chamada corrosão. Segundo OLIVEIRA (2012) a corrosão pode ser classificada de acordo com sua forma, local e características de sua manifestação no metal. A corrosão galvânica é um processo eletroquímico em que um metal sofre corrosão preferencialmente em relação a outro, quando os dois metais estão em contato elétrico e imersos em um eletrólito. A corrosão galvânica também pode ocorrer pela diferença de potencial nos metais, alguns têm maior tendência à corrosão (Anódo) como o Zinco(ZN), e o ferro (Fe) e outros menor, metais mais nobres (Cátodo) como cobre(Cu), prata (Ag), ouro (Au), entre outros. (Arruda e Nunes 2012).

O ambiente em que o material estiver inserido influencia a manifestação da corrosão e sua forma, em ambiente industrial e marítimo ela ocorre de forma mais acelerada que em ambiente urbano e rural.

Sendo a corrosão galvânica e seus processos, uma das formas mais comuns e frequentes de corrosão na natureza, este estudo tem como um dos objetivos avaliar o comportamento de chapas metálicas expostas em ambiente corrosivo.

Na manufatura dos metais ocorre o refino do metal, formação de ligas e tratamentos térmicos. A classificação das técnicas varia conforme o metal resiste a alterações sem que ocorra seu rompimento, podendo ser feita a seco e a frio. Esses processos de acordo com CALLISTER et al (2014), dividem-se em operações de conformação, fundição e técnicas diversas.

As telhas metálicas são expostas aos raios UV, chuvas ácidas e ambientes químicos, desta forma em seu processo de fabricação após serem prensadas em chapas metálicas a frio, as telhas recebem uma proteção que pode ser Galvanização por imersão a quente, Aluzinc ou Gavalume, pré pintura e camada de aço inoxidável.

Com propósito de proteção extra as telhas, quando expostas a corrosão após perderem parte da camada galvanizada, a indústria disponibiliza alternativas como polímeros elastoméricos a serem aplicados sobre a superfície dos metais, tais produtos tem como finalidade inibir o processo de corrosão, já instalado muitas vezes, essa borracha é aplicada em toda superfície inclusive parafusos, com bombas airless de forma profissional, em pequenas quantidades com rolo de espuma e com pinceis.

A base do produto escolhido é solvente, com composição química diferente entre elas, variando desde a densidade, forma de cura e aplicação. No mercado esse produto é denominado borracha líquida, termoplástica ou manta líquida.

Nesta pesquisa realizou-se um estudo laboratorial avaliando a eficiência destes materiais, no combate ao processo de corrosão, com a alternância de camadas deste polímero sobre a superfície de chapas metálicas expostas a ambientes altamente corrosivos, em sua utilização adotamos a quantidade sólido/volume semelhantes.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Dentre os polímeros com base elastomérica (borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida), aplicado sobre uma chapa metálica Galvalume, qual possui maior proteção contra corrosão aparente?

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência dos tipos de polímeros com base elastomérica aplicados as chapas metálicas no combate ao processo corrosivo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Comparar a aplicação de diferentes camadas e tipos de polímeros com base elastomérica, borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida;

- Verificar a perda de massa na chapa quando submetido ao teste na câmara salina acelerado.
- Observar a interferência da quantidade de produto aplicado na chapa na incidência na corrosão aparente.

1.2. HIPÓTESE

Presume-se uma melhor eficiência na chapa de aço contra agentes corrosivos com a aplicação dos produtos (borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida), variando a quantidade de camada aplicada sobre a mesma.

1.3. JUSTIFICATIVAS

Esta pesquisa é importante em quatro âmbitos: tecnológico, econômico, social e ambiental. No âmbito tecnológico, promover uma investigação dos materiais elastômeros com características químicas, densidades e texturas variadas entre elas, elucidando a tecnologia aplicada na composição destes e sua eficiência no combate a corrosão, pode-se instigar a indústria a desenvolver novos ou aperfeiçoar seus produtos e a realizar novas pesquisas. No âmbito econômico, o desenvolvimento de novos métodos ou comprovação da eficiência dos métodos utilizados, pode favorecer e ampliar o tempo útil das chapas (telhas) metálicas, que, sem a devida proteção, podem rapidamente necessitar de substituição, devido a corrosão e seus riscos. No âmbito social, a manutenção das chapas (telhas) conservadas por mais tempo, diminui os contratempos com reformas e transtornos paralisações das atividades de trabalho, estudo e atividades esportivas. E no âmbito ambiental, a validação de um produto (polímero com base elastomérica), capaz de aumentar a vida útil de materiais

metálicos, proporciona a redução de resíduos de construção assim como diminui a extração de matéria prima, para manufatura de produtos metálicos.

1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método utilizado foi uma abordagem qualitativa associada ao programa experimental, a pesquisa teve como fonte artigos, teses, livros referentes aos assuntos como corrosão, com ênfase em corrosão galvânica, processo de produção das chapas metálicas até chegar às telhas, e os impermeabilizantes sendo os polímeros com base elastomérica (borracha líquida, borracha termoplástica e mantas líquida) utilizado para comparação proposta no presente trabalho.

Avaliamos o comportamento do material em diferentes ambientes salinos, a simulação foi feita através da câmara de nevoa salina.

Para os testes foram amestradas chapas com tamanho de 20 cm x 20 cm com furos simétricos, simulando os cortes. Três produtos foram selecionados, borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida, levando-se em conta a composição e base de sólidos por volume, as aplicações forma executadas nas chapas. Devido diferentes densidades dos produtos, determinamos realizar aplicações com alternância de camadas (1, 2 e 3 demãos), utilizando rolo de espuma e após a secagem as peças foram pesadas e enviadas para o ensaio.

Devido à ausência de um método regulatório com relação a forma de preparo das chapas e a aplicação dos produtos, os pesquisadores randomizaram o descrito acima.

As chapas foram expostas por duas mil horas, na câmara salina, com ciclos de observação, neste período todas as alterações sofridas que foram tomando forma e foram fotografadas. O objetivo dos pesquisadores era especular, nesse ambiente agressivo, a instalação ou não da corrosão e o grau de

proteção das chapas com o polímero aplicado em camadas mais espessas com relação as com apenas poucas camadas ou a ausência da aplicação do polímero.

Ao finalizar o ensaio, as amostras foram pesadas e conseguiu-se observar um ganho de massa (g) do polímero, demonstrada pela tabela 1, 2 e 3 e os gráficos 1 2 e 3, perda da espessura demonstrada nos gráficos de 3, 4 e 5, instalação de pontos de corrosão nas chapas estão demonstrados nas figuras 44 e figura 48.

Este estudo não analisou a interferência de outras variáveis que predispõe as telhas à corrosão, tais como raios UV, temperatura e intemperes avaliamos somente o comportamento do produto em ambiente salino.

1.5. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, introdução geral do trabalho, problema de pesquisa, objetivo geral e específico, hipótese, justificativa e o procedimento metodológico.

No Capítulo 2, fundamentação teórica, com os conceitos de corrosão, polímeros e chapas metálicas.

No Capítulo 3, descrição do programa experimental, descrição do ensaio realizado dentro da câmara de *Salt spray*, e do comportamento da chapa com a aplicação dos polímeros com base elastomérica e suas variações de camadas.

No Capítulo 4, resultados coletados do ensaio, apresentados por meio de tabelas e gráficos do comportamento de cada polímero e as devidas observações.

No Capítulo 5 conclusões e algumas sugestões de novos trabalhos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

O presente capítulo descreve a corrosão, seu conceito, classificação, formação e o ambiente mais propenso para sua incidência. Revisamos também os metais, seus processos de fabricação, classificação e vedação. Finalizamos com uma pesquisa sobre os polímeros, dando ênfase à polímeros com base elastomérica (borracha líquida borracha termoplástica e manta líquida).

2.1. Corrosão

OLIVEIRA (2012) apresenta a corrosão como um processo de degradação do material pela ação eletroquímica, química e pelo meio. A prevenção e controle é a melhor forma de evitar o processo de corrosão

A corrosão é mais acentuada quando o pH da água se torna mais ácido ou mais alcalino. Quando o pH está entre seis e dez a corrosão é lenta, porém no pH acima de dez e abaixo de seis são considerados ambientes altamente corrosivos. (VICENTE, 2014)

O processo corrosivo pode ser distinto de acordo com o meio em que está inserido, o meio urbano é classificado como ambiente intermediário quando comparado aos meios marítimo e industrial que são classificados como agressivos e altamente agressivo. A classificação de corrosão varia, conforme sua ocorrência e suas características (ARRUDA, 2009, NUNES, 2016), demonstradas na relação a seguir:

- Corrosão conforme seu desgaste:

- Uniforme
- Placas
- Avelar
- Por pontos.

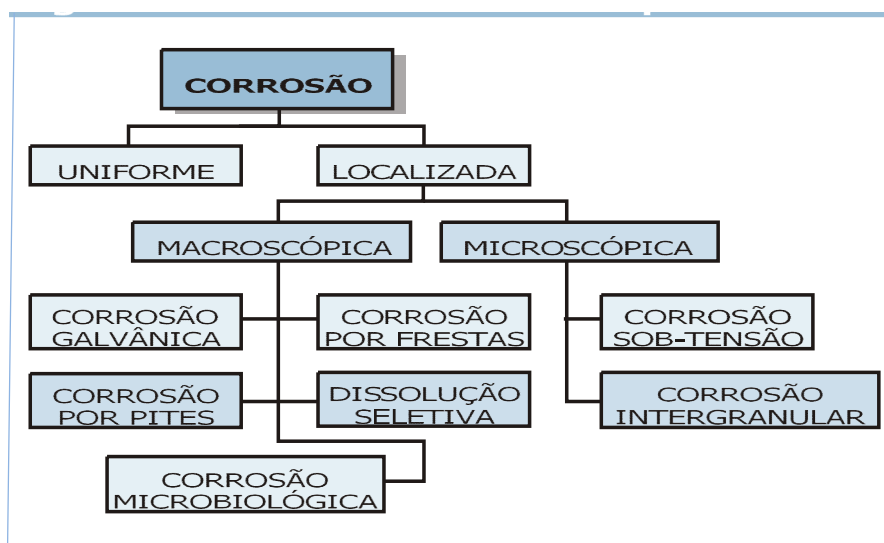
- Corrosão por concentração diferencial:

- Contração iônica diferencial

- Aerossão diferencial
- Filiforme
- Corrosão galvânica
- Corrosão seletiva
 - Grafítica
 - Por dezincificação
- Corrosão relacionada à escavação
 - Erosão
 - Cavitação
 - Turbulência
- Corrosão intergranular
- Corrosão por fissuração
 - Por tensão
 - Por fadiga
 - Induzida pela tensão de hidrogênio.

Na Figura 01, é demonstrada a forma esquemática como a corrosão se apresenta.

Figura 1: Mecanismos de corrosão

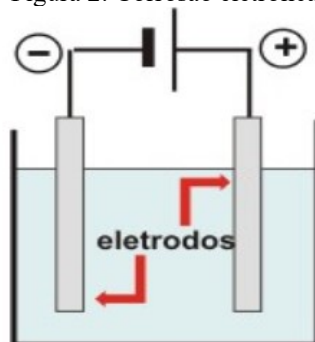


Fonte: (PANNONNI, 2016)

2.2. Corrosão Galvânica

A corrosão eletroquímica é a forma mais comum de ataque químico em metais, ocorre quando os átomos do metal perdem elétrons e se transformam em íon (pilha), esse processo acontece em meio aquoso no qual os íons estão presentes na água, no solo, em ar úmido, demonstrado na Figura 2. (ASKELAND; WURINHT, 2014)

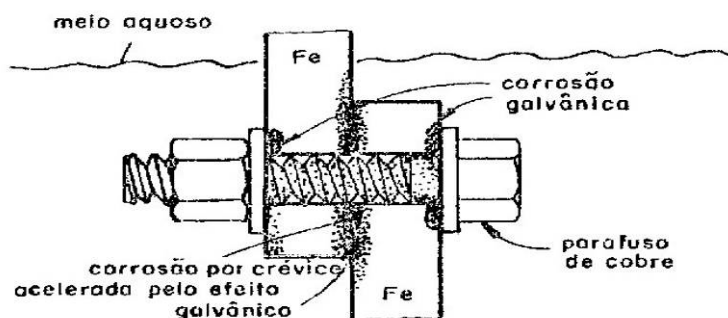
Figura 2: Corrosão eletrólica



Fonte: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/fisicoquimica/eletrolise/conceitos-basicos/> (2018)

A corrosão galvânica ocorre pela diferença entre os metais, mais nobres com os menos nobres, tal relação promove efeito químico de oxidação e redução, ou seja, potencial do ânodo se aproximar do cátodo tendo o que se chama de polarização dos eletrodos. Quanto maior a diferença de potencial maior será o processo de corrosão, esse processo é bastante comum em tubos metálicos e telhas metálicas na sua fixação, conforme demonstrado na Figura 3. (CESEC/UFPR, 2018).

Figura 3: Corrosão galvânica



Fonte: (SANTISTA, 2018)

A corrosão galvânica pode ocorrer nos parafusos pela diferença de potencial dos materiais, também em cortes nos quais o zinco fica exposto, nas arestas de corte e goivas. A presença de água empoçada, peças com amassados e riscos na zincagem da telha promovem alguns pontos mais susceptíveis à corrosão, conforme demonstrado na figura 4. (SANTISTA, 2018)

Figura 4: Corrosão em telhas galvanicas



Fonte: (Cinvestav, México, 2019)

Outro fator, segundo VICENTE (2014), que propicia a corrosão em aço galvanizado, além da água, é a temperatura, sendo que entre 65°C a 75°C a corrosão acontece de forma mais intensa. Nessa faixa de temperatura a película protetora se torna mais porosa e muito mais aderente. Acima de 75°C existe a possibilidade de o zinco sofrer inversão de polaridade e a velocidade do processo de corrosão pode ser classificada em velocidade média e instantânea. (SANTISTA, 2018)

A corrosão galvânica pode ser classificada em três grupos: células de composição, células de tensão e células de concentração.

As células de composição ou corrosão metálicas dissimilar, ocorre quando dois metais formam uma célula eletrolítica, não há como informar qual será protegida e qual será corroída e isso ocorrerá segundo sua tendência a corrosão. (VICENTE, 2014)

As células de tensão ocorrem quando um metal proporciona regiões com diferentes tensões locais, desta forma uma região com maior tensão age em uma área com menor tensão. As células de concentração se desenvolvem pela

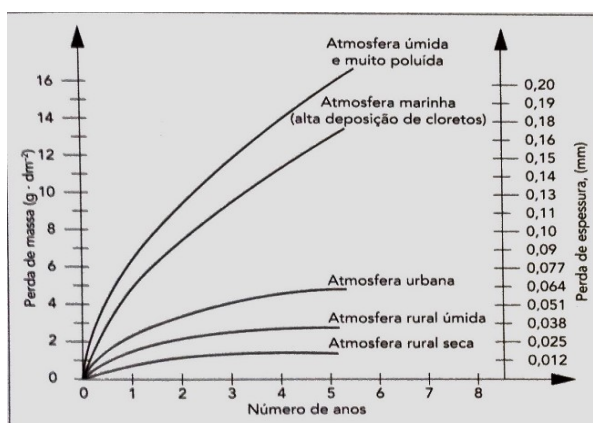
diferença eletrolítica, por outra forma, um metal em contato com uma solução concentrada e outra solução mais diluída. (ASKELAND *et al.*, 2014)

2.3. Meios Corrosivos

A corrosão pode progredir rapidamente em condições variáveis, dependendo a atmosfera em que se encontra como a umidade relativa, nível de insolação, temperatura, direção e velocidade do vento. Outro fator que pode influenciar a corrosão é a sua natureza e concentração, os agentes agressivos mais comuns são o dióxido de enxofre, gás carbônico, cloretos, chuvas ácidas, entre outros. (SILVA, 2010).

Ao analisarmos as atmosferas, a mais propensa à corrosão é a atmosfera úmida e muito poluída, seguida da atmosfera marinha também muito propensa a corrosão devido à alta concentração de cloreto, conforme Figura 5.

Figura 5: Corrosão de aço em diferentes ambientes



Fonte: Estrutura de aço para edifícios- aspectos tecnológicos e de concepção (SILVA, 2010)

A atmosfera é considerada um meio corrosivo, devido a umidade contida no ar, sal em suspensão, gases industriais e poeira. A presença de água condensada nas superfícies metálicas e mais os sais e gases de enxofre são agentes de corrosão. A poeira e poluentes presentes na atmosfera podem acelerar o processo de corrosão (NUNES, 2012). A atmosfera pode ser dividida ainda em

atmosfera seca, sem a presença de umidade, puramente químico e úmido, com a presença de umidade relativa de 100% e a atmosfera molhada que ocorre a condensação, como por exemplo, chuva e névoa salina.

Alguns elementos na água podem torná-la corrosiva como: bactérias, limos e algas, sólidos em suspensão, água salinizada. (OLIVEIRA, 2012) A desigualdade acontece no material no meio corrosivo, pois a diferença de potencial resulta em ânodo e cátodo. Alguns pontos nos materiais metálicos são mais sensíveis a corrosão como:

Contorno dos grãos: nos limites dos grãos apresenta um desarranjo, ocorrendo imperfeições. A diferença na orientação dos grãos pode ocasionar diferença de potencial. As diferenças de tamanho nos grãos finos contêm mais energia, e nos grãos maiores, menor energia.

Tratamento térmico: Qualquer variação na temperatura durante o processo, a área que sofreu essa variação e fica com diferença de potencial, poderá ocorrer corrosão.

Polimento de superfície metálica: a diferença de superfície rugosa e lisa pode ocasionar diferença de potencial

Presença de escoriações e abrasões: o material forma uma película protetora, riscando essa película, ela se rompe deixando o material exposto.

Bordas de superfície metálica: devido ao acabamento irregular, essa área é uma região de cortes, em que pode ficar expostas sem a cobertura de proteção, ficando sensível no ambiente corrosivo.

Diferença de forma: variação de espessura e formas pode ser mais sensível a corrosão.

Deformações diferenciais: parte com deformação podem corroer. (VICENTE, 2014)

2.4. Íons Cloretos

Os sais são definidos como substâncias em meio aquoso, fornecem pelo menos, um cátion diferente H^+ e um ânion diferente OH^- . A composição química dos íons de cloreto se dá com Na Cl sendo Cl^- negativo e Na^+ positivo, essa estrutura está em equilíbrio quimicamente. Com a presença de água H_2O a composição se altera sendo inicialmente $NaCl + H_2O$ após a reação $HCl + NaOH$. (ROZENBERG, 2002) As chapas metálicas na presença de íon se tornam um material reativo, sendo ele a ponte de ligação entre os metais mais nobres e menos nobres, ou seja, aceleram o processo de corrosão. (CALLISTER *et al.* (2018), Helene, 2018)

2.5. Conceito de Metal

O primeiro metal descoberto foi o cobre, ainda na pré-história, no oriente médio. O conceito dos metais está relacionado com o número de propriedade, como por exemplo, a dureza, brilho e opacidade, versatilidade. (PANNONNE, 2018) Os tipos de metais mais usados são; ferro, cobre, estanho, chumbo, ouro e a prata. Os metais podem ser divididos em dois grupos: os ferrosos e os não ferrosos.

Nos grupos dos ferrosos temos o aço e ferro sendo seu principal elemento o ferro, podendo ter outros metais e componentes em sua estrutura. Nos metais não ferrosos temos o alumínio, cobre e os metais pesados (Chumbo, Níquel, Zinco, Mercúrio), esses metais não contém ferro como componente. (SILVA, 2012)

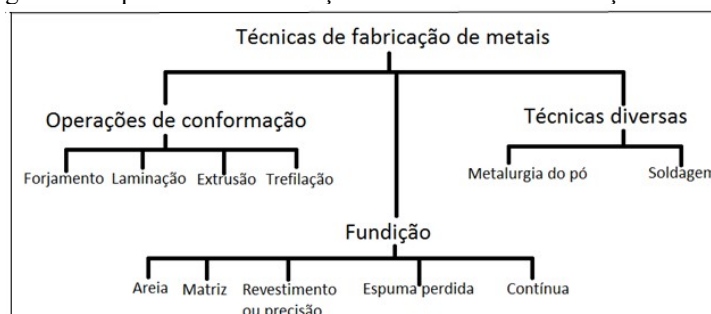
A liga metálica é a composição entre dois ou mais elementos químicos, em que pelo menos um é metal, como exemplo latão (liga de cobre e zinco), aço carbono (liga de ferro e carbono), bronze (liga de cobre e estanho) entre outras. (PANNONNE, 2018)

A construção em estrutura metálica, em escala industrial no Brasil, iniciou em 1812, as vantagens desse tipo de construção são: peças com muita precisão e qualidade no acabamento, material resistente a vibrações e a choques, obra limpa com uma execução rápida, possibilidade de desmontagem e remontagem e o reaproveitamento do material. Dentre as desvantagens algumas dificuldades fabris, devido tamanho das peças, transporte, necessidade de tratamento contra oxidação e necessidade de mão de obra especializada. (NUNES, 2012)

2.5.1. Processo de Produção Metálica

No processo de produção dos materiais metálicos demonstrado na Figura 6, parte fundamental é o processamento e como isso afeta as propriedades dos metais.

Figura 6: Esquema de classificação das técnicas de fabricação de metais



Fonte: (CALLISTER el alt., (2018)

Ao finalizar o processo de fabricação e dar forma e volume ao metal a manufatura se divide em dois pontos: moldagem: a matéria prima pode estar no estado líquido ou sólido, sendo a plasticidade o ponto chave nesse processo, desta forma há a deformação proposta sem que ocorra o rompimento, e o encruamento: processo de resfriamento e cristalização do produto, a diminuição da densidade com os defeitos ficam mais visíveis. Demonstramos o método de processamento dos metais na Figura 7.

Figura 7: Principais técnicas de processamento de metais

Método utilizado para adquirir forma ao metal	Nome do processo de fabricação	Exemplo do processo de fabricação
Moldagem do estado solida	Conformação mecânica	Forjamento, laminação, estiramento, extrusão, trefilação, dobramento, estampagem
Moldagem no estado líquido	Fundição	Área verde, molde permanente, cera perdida, em casca e sob pressão
Renovação do material	Usinagem	Torneamento, furação, lixamento, polimento, cerramento aplainamento
União de subpartes	Soldagem	Soldagem com eletro revestimento MIG-MAG, TIG, <u>oxi</u> -acetilênica, Brasagem.
União de partículas	Metalúrgica do pó	Sinterização de pós compactados, pós moldados por compressão isostática a quente, moldagem de pós por injeção.

Fonte: (PAVANATI, 2015)

2.5.2. Fundição

A fundição é o processo mais antigo utilizado nos materiais metálicos. O metal é liquefeito em altas temperaturas, neste estado é vazado em moldes com as formas e dimensões desejadas. Esse método é utilizado em peças pesadas e com geometria difícil. O acabamento das peças é rústico. A Fundição em material vazado pode ser dividida em três modelos: fundição em areia, fundição em matriz ou conquilha e fundição com moldes de material fusível. (Nunes, 2012).

Segundo Callister (2018), além dos processos já mencionados anteriormente, temos a fundição de precisão, fundição com espuma perdida (ou modelo consumível) e fundição contínua, demonstrada na Figura 8.

Figura 8: Processo de fundição



Fonte: <https://www.fundicaorelampago.com.br/preco-servico-fundicao-2018>

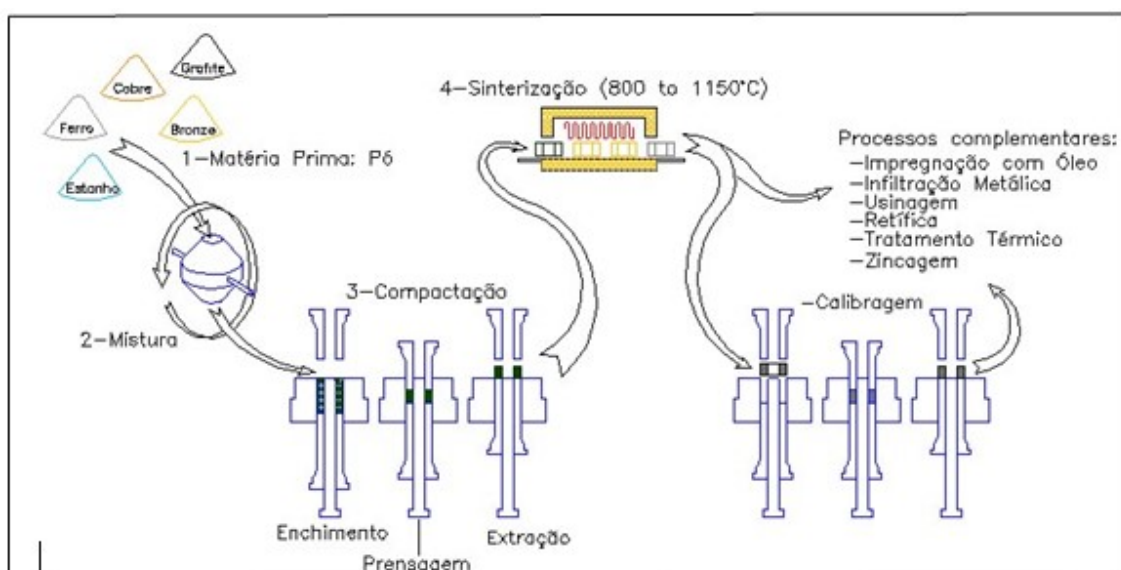
2.5.3. Forjamento

O material é aquecido até que se torne plástico, para adquirir forma, é colocado em um perfil e a ele golpes são aplicados sucessivamente. O material que é forjado tem uma capacidade de deformação maior, devido à recristalização que ocorre em um processo natural. Nas forjarias antigas e rústicas a deformação era obtida por percussão. O forjamento é dividido em matriz fechada e matriz aberta, sendo que na matriz fechada uma força atua em duas ou mais partes da peça acabada, na matriz aberta são duas matrizes, porém com formas geométricas simples.

2.5.4. Metalúrgica a Pó

A metalúrgica a pó é utilizada para peças com dimensões muito precisas. Nesse processo demonstrado na Figura 09, a peça é formada a partir de pequenas partículas unidas por difusão, com elevadas temperaturas. Esse processo é utilizado em metais com baixa ductilidade. (PAVANATI, 2015)

Figura 9: Processo de fabricação da metalúrgica em pó



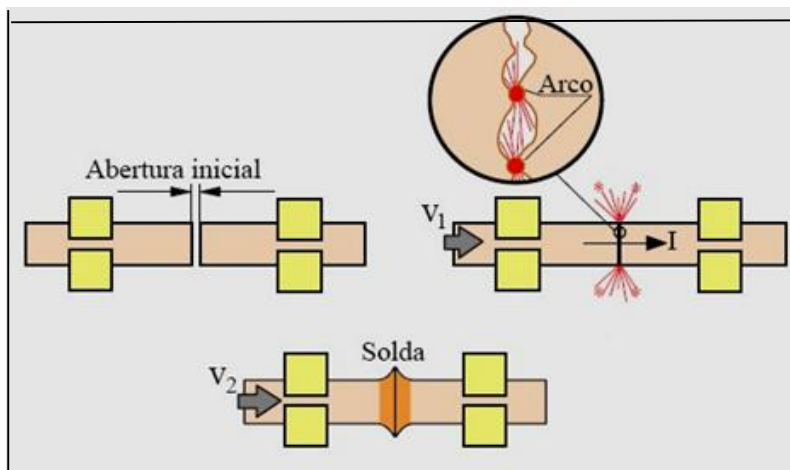
Fonte: <http://joinville.ifsc.edu.br>-2019

A automação da produtividade, permite a produção de grandes lotes, uma máxima precisão, maior aproveitamento da matéria prima, elimina a usinagem, permite formas complexas e maior pureza dos produtos, tais fatos são considerados vantagens neste processo. Como desvantagens temos o custo da fermentaria, tamanho da peça limitada e impossibilidade de reparos. Alguns processos permitem obter o pó metálico, como a atomização a água, atomização a gás, redução, eletrólise e a moagem. (KRELLING, 2019)

2.5.5. Soldagem

Na soldagem duas peças são unidas dando continuidade, essa técnica é utilizada na montagem indústria. O processo de soldagem pode ser utilizado como depósito de material em cima de uma superfície, visando recuperação ou características especial nas peças metálicas. Na soldagem a pressão é elevada, em geral são aquecidas localmente, para facilitar sua deformação, demonstradas na Figura 10. (NUNES, 2012)

Figura 10: Processo de solda por pressão



Fonte: <http://mmborges.com/processos/Uniao/uniao%20termica%20-%20soldagem.htm>(2019)

2.5.6. Trefilagem

A Trefilagem ou trefilação é o processo de fabricação de arames. Nesse processo o vergalhão ou fio máquina é colocado em um equipamento, que o aquece deixando mais macio, para trabalhar e tracionar o fio deixando na espessura desejada. Nesse processo é aplicada uma camada de estanho para evitar corrosão. (KRELLING, 2019)

Afim de evitar uma fadiga no fio metálico que será esticado lubrifica-se o fio, com isso se garante maior durabilidade para as tarraxas e um acabamento uniforme. No processo de trefilagem úmida os fios ficam completamente, submersos em lubrificante, já no processo a seco os fios passam

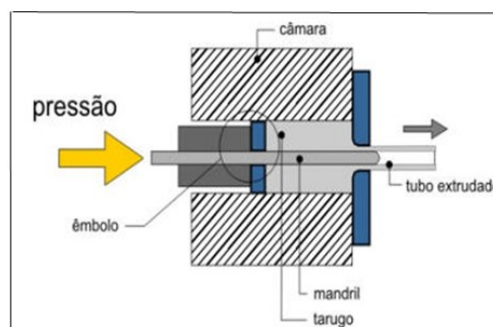
por um recipiente com calcário ou sódio que facilitam o arraste da peça no processo. A cobertura metálica que consiste em uma cobertura rígida e vibração ultrassônica ajuda o material a reduzir o esforço mecânico. (NUNES, 2012)

2.5.7. Extrusão

Nesse processo são produzidas as barras metálicas e tubo sem costura, o método utilizado é a compressão, esse processo pode ser executado a frio ou a quente dependendo da dureza do material.

A extrusão pode ser classificada como direta, indireta, lateral e hidrostática. Na extrusão direta um tarugo cilíndrico é colocado em uma câmara e é forçado com atuador hidráulico, podendo ser de vários formatos, demonstrado na Figura 11. (BORGES, 2019)

Figura 11: Processo de extrusão direta

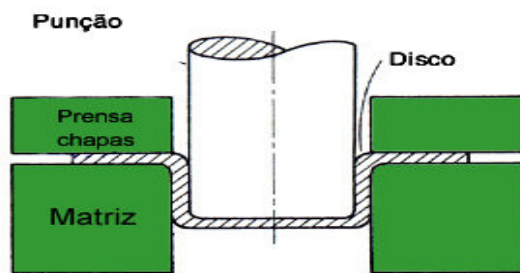


Fonte: http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/extrusao.htm (2019)

2.5.8. Estampagem

O principal ponto nesse processo é a deformação plástica que acontece em chapas metálicas, com espessuras médias e finas. As chapas são colocadas em uma forma que irá reproduzir o desenho desejado, demonstrado na Figura 12. O material colocado nesse processo tem que ter uma alta plasticidade, grande ductilidade e baixa taxa de endurecimento.

Figura 12: Estampagem



Fonte: <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/estampagem/>(2019)

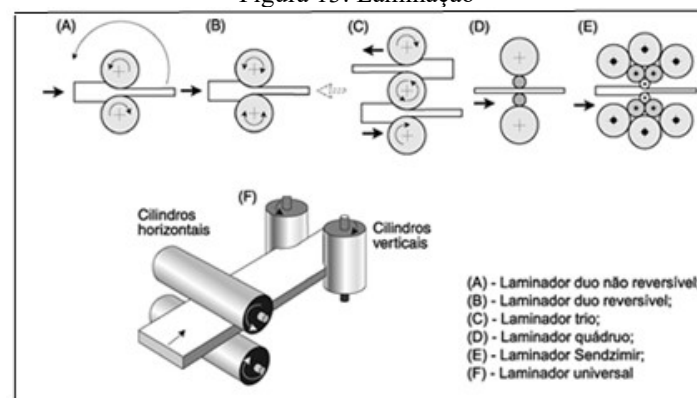
2.5.9. Embutimento

Consiste em deformar materiais duros em peças, através de deformação plástica. (PAVANATI, 2015).

2.5.10. Laminação

É um processo muito utilizado e consiste em passar uma peça metálica em dois cilindros, obtendo nesse uma redução de espessura da chapa, demonstrada na Figura 13.

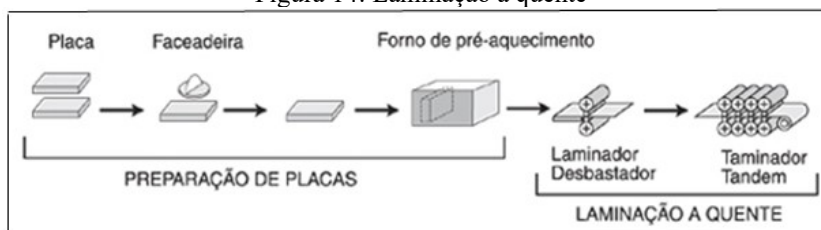
Figura 13: Laminação



Fonte: <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/laminacao/>(2019)

O processo de laminação pode ser à quente em que material é elevado à temperatura mínima de aproximadamente (350°C), demonstrado na Figura 14.

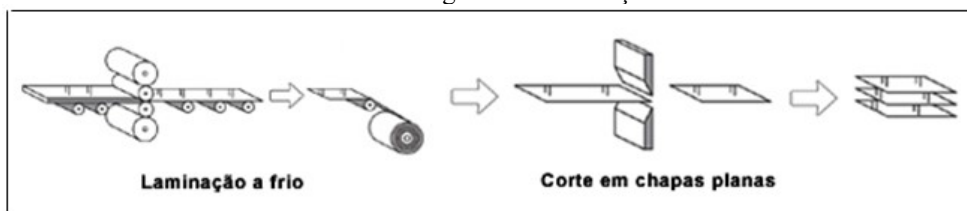
Figura 14: Laminação a quente



Fonte: <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/laminacao/> (2019)

A laminação a frio utiliza temperatura inferior à de cristalização a quente, os recursos utilizados nesse processo são tensão avante e tensão de ré, demonstrado na Figura 15.

Figura 15: Laminação a frio



Fonte: <http://abal.org.br/aluminio/processosdeproducao/laminacao/#accordion2> (2019)

2.6. Tipos de chapas de aço

As chapas de aço podem ser classificadas, conforme o formato, texturas, e local de uso. No mercado existem chapas de aço disponíveis para todos os tipos de projetos de arquitetura e engenharia sendo classificadas como: Chapa Grossa, grandes e espessas, este tipo de chapa de aço é usado para a fabricação de equipamentos pesados, indústria naval e petrolífera, conforme Figura 16.

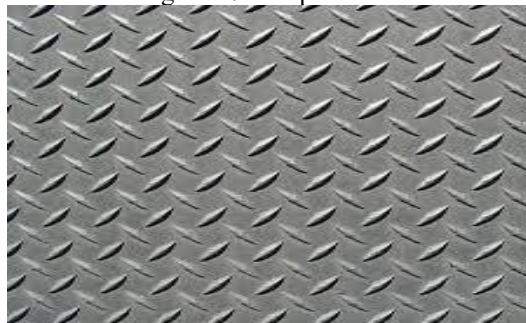
Figura 16: Chapa grossa



Fonte: <https://www.villefer.com.br> (2018)

A chapa xadrez possui pequenas ranhuras que a tornam antiderrapante. Utilizada para a construção de rampas, pisos e plataformas, demonstrada Figura 17.

Figura 17: Chapa xadrez



Fonte: <https://www.villefer.com.br>(2018)

A chapa galvanizada possui uma camada de zinco na sua superfície, aplicada durante o processo de galvanização. Possui muita resistência, alta durabilidade e propriedades acústicas e térmicas.

A chapa laminada pode ser reduzida a quente e a frio. A chapa moldada a quente é utilizada na fabricação de carros, tratores e eletrodomésticos devido sua flexibilidade na moldagem das peças. A lâmina a frio é indicada para a construção civil, muito usada na fabricação de telhas e latas, demonstrada Figura 18.

Figura 18 : Chapa Laminada a quente e lâmina a frio



Fonte: www.bekametais.com.br (2019)

A chapa de aço perfurada está presente em diversos setores da indústria, esse tipo de chapa de aço é identificado de acordo com os tipos de furos que elas possuem demonstrada Figura 19.

Figura 19: Chapa de aço perfurada



Fonte: www.comtelasms.com.br (2018)

2.7. Telhas Metálicas

As telhas metálicas formam um sistema de cobertura, que pode ser plano ou inclinado, desempenhando um papel fundamental na imagem da edificação, portanto, a escolha da tipo de cobertura dependerá, dentre outros fatores, da intenção formal do projetista e do arquiteto ao desenvolverem o projeto. A cobertura de barracões com telhas metálicas requer algumas condições em sua estrutura, tais como: impermeabilidade, resistência a íons corrosivos, resistência a impactos, leveza, durabilidade e excelente isolamento térmico. (ASKELAND; WURINHT, 2014)

As telhas metálicas são disponibilizadas pela indústria siderúrgica com vários acabamentos, conforme itens a seguir:

- Galvanizada por imersão a quente- resistente a corrosão atmosférica e baixo custo, demonstrada na Figura 20.

Figura 20: Telha Trapezoidal galvanizada



Fonte: <https://www.galvisteel.com.br/telha-galvanizada-trapezoidal>(2019)

- Aluzinc ou Galvalume - presença dos compostos químicos (alumínio, zinco e silício- Al / Zn / Si), resiste à corrosão atmosférica, alta refletividade e conforto térmico, demonstrada na Figura 21.

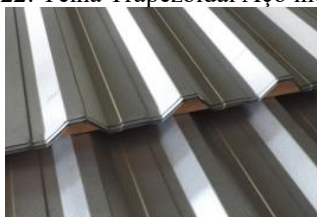
Figura 21: Telha Trapezoidal Aluzinc ou Galvalume



Fonte: <https://www.galvisteel.com.br/telha-galvalume-trapezoidal>(2019)

- Pré-pintado- chapas pintadas antes de serem moldadas no formato de telas, recomendada para ambientes agressivos, a tinta utilizada na telha é anti-corrosiva.
- Aço inoxidável- alta durabilidade e resistente em ambientes altamente agressivos, demonstrada na Figura 22. (Cichinelli, 2009).

Figura 22: Telha Trapezoidal Aço inoxidável

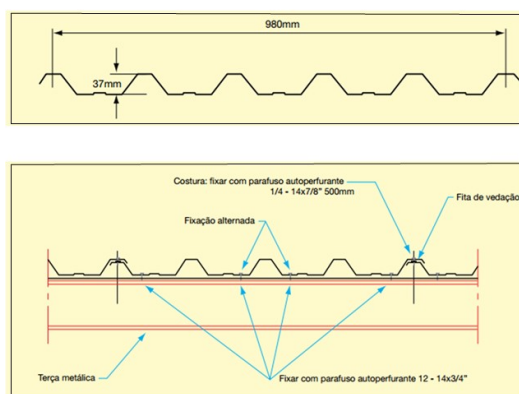


Fonte: <http://www.cedisa.com.br/produtos/telhas-de-aco/> (2019)

Além dos acabamentos já citados acima, as telhas de coberturas são disponibilizadas em formatos trapezoidais ou onduladas, telhas sanduíche e isolamento termo rígidas, telhas sanduíche com isolamento flexível, coberturas de telhas zipadas, cobertura em membrana. As telhas sanduíche são compostas de aço ou alumínio com enchimento de material térmico rígido (poliuretano, poliestireno) e material flexível (lã de vidro, rocha em manta) em ambas temos proteção térmica e acústica. (SILVA, 2010).

A NBR 14513 e NBR 14514 indicam que as chapas Galvalume tenham AZ150 (150g /m² somando as duas faces) e para chapa galvanizada cerca de Z275 (275 g / m² somando as duas faces) de revestimento. Com isso a chapa Galvalume se torna mais leve comparada a galvanizada. A fixação dos telhados por norma necessita de transposição, essa fixação é feita com parafuso perfurante com acabamento aluminizado ou inox, demonstrado a fixação na Figura 23.

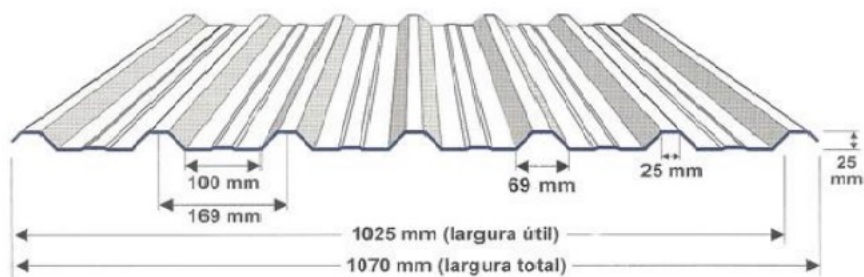
Figura 23: Transposição e fixação das telha metálica



Fonte: <http://nacionaltelha.com.br/telhas-simples> (2019)

A telha trapezoidal NBR 14514 – NT 25/1025 determina o formato da telha, sendo a altura de 25 mm, demonstrado na figura 27. Na NBR 14514 – NT 40/980 a altura é de 37 mm e na NBR 14514 – NT 100/950 essa altura se modifica para 20 mm.

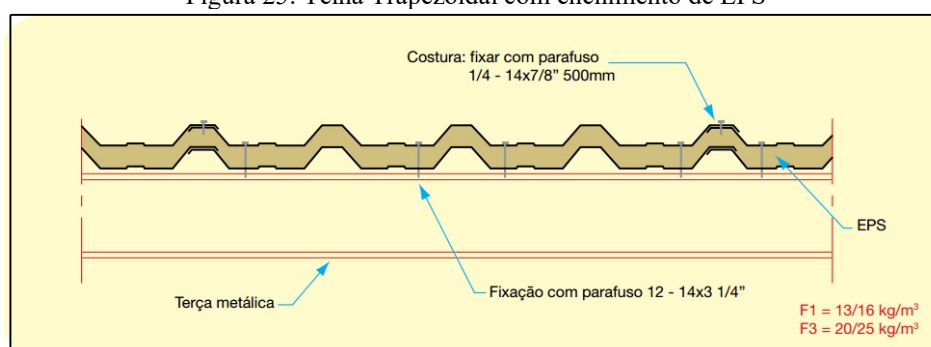
Figura 24: Dimensão da telha trapezoidal



Fonte: https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/aquarius_metais/ebooktelhasdeaco.pdf (2019)

As telhas termo acústica tem uma camada de EPS (Poliestireno Expandido) o que as torna mais acústicos e térmicas, esse modelo de telha é também chamado sanduíche, demonstrada na Figura 25. A telha pode ser utilizada como acabamento e isolamento termo acústico, com o benefício da redução do índice de acidentes, diminui custo com refrigeração, aumenta a produtividade e a economia com energia, diminui a poluição sonora produzida pela indústria, desta forma proporciona um o ambiente agradável para o trabalho. Pode também ser utilizada para revestimentos de paredes.

Figura 25: Telha Trapezoidal com enchimento de EPS



Fonte: https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/aquarius_etais/ebooktelhasdeaco.pdf (2019)

Os arremates do telhado podem ser feitos com fita de vedação, nos fechamentos se utiliza calhas e cumeeiras, ganchos e galgos, massa poliuretana.

2.8. IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização é o produto resultante de um conjunto de componentes e serviços, que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluídos, de vapores e de umidade.

A impermeabilização é de fundamental importância na durabilidade das construções, pois os agentes trazidos pela água e os poluentes existentes no ar, causam danos irreversíveis a estrutura e prejuízos financeiros. A impermeabilização é agente importantíssimo para a segurança da edificação e para a integridade física do usuário. (PAULA, 2018)

No mercado nacional diversos produtos impermeabilizantes são encontrados, de qualidade e desempenho variáveis, diversas origens e métodos de aplicação, normatizados ou não, que devem ter suas características consideradas no momento da escolha do sistema de impermeabilização tanto de modo geral como em telhados metálicos. (SILVA, 2010).

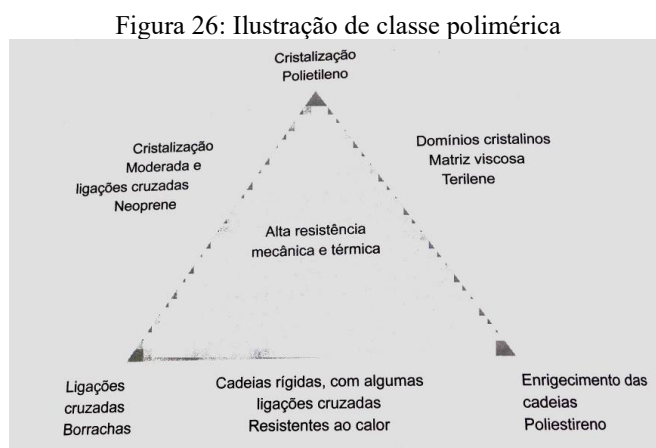
Os materiais utilizados para impermeabilização existentes no mercado possuem suas indicações de uso. Neste presente trabalho, abordaremos os utilizados na proteção de coberturas metálicas Galvalume. Tais coberturas já possuem uma camada de zinco formando uma barreira contra ambientes corrosivos, porém ainda apresentam dois pontos vulneráveis, os pontos de fixação e os de cortes. Durante a instalação da cobertura utiliza-se uma borracha, entre a telha e o parafuso, no entanto com desgaste dessa borracha, há prejuízo na eficiência desse isolamento. A cobertura permanece exposta meio atmosférico em que está e aos raios UV (ultravioletas), pois em pontos de corte não é aplicado nenhum material impermeabilizante. (PAULA, 2018)

Com o intuito de amenizar esta exposição alguns fabricantes desenvolveram polímeros com base elastomérica (borracha líquida, manta líquida e borracha termoplástica), na expectativa de solucionar tais inconvenientes e promover uma impermeabilização melhor as coberturas metálicas. Entretanto

esses produtos não têm uma norma de adequação e dados técnicos mínimos que comprove essa eficiência. (PAULA, 2018)

2.8.1. Polímeros

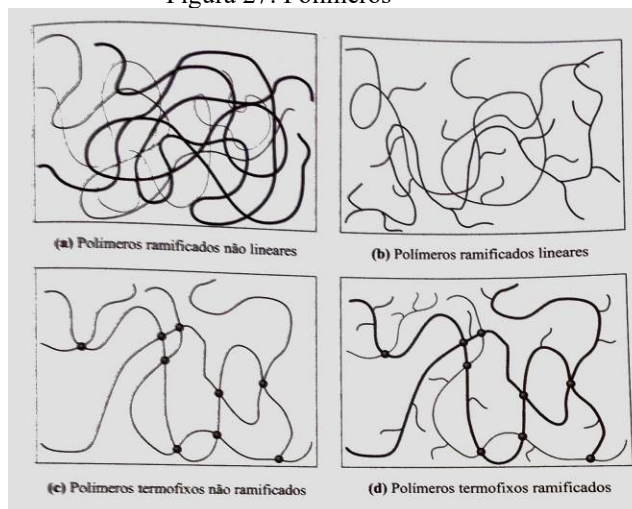
Material orgânico (ou inorgânico) de alta massa molecular, cuja estrutura consiste na repetição de pequena unidade. Unidades químicas que se repetem nas cadeias poliméricas. (CASTRO DE PAULA, 2018). A propriedade mecânica dos polímeros é regida por dois conceitos: grau de cristalinidade, existência de ligações cruzadas e enrijecimento das cadeias, demonstrada na Figura 26. (ALMEIDA, 2015)



Fonte: (ALMEIDA *et al.*, 2015)

Os polímeros podem ser classificados em dois grupos: polímeros lineares e polímeros ramificados. Os polímeros lineares apresentam cadeias aleatórias, os polímeros ramificados, são formados em cadeias menores. Os termofixos têm pontos de ligações como uma rotula, conforme demonstrado na figura 27. (ASKENLAND *et al.*, 2017)

Figura 27: Polímeros

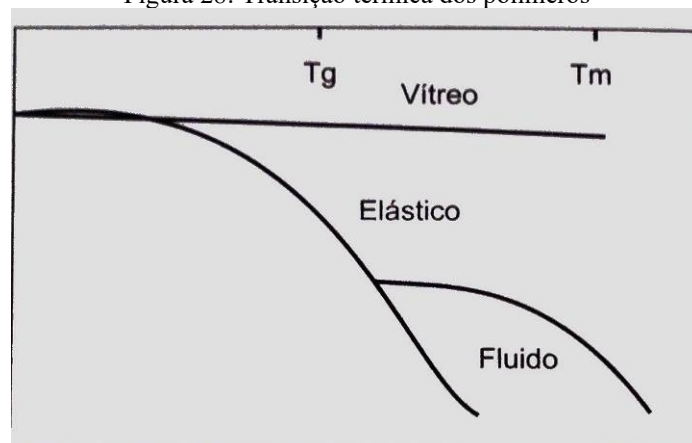


Fonte: (ASKELAND, 2017)

Os termoplásticos são formados de cadeias longas, seus componentes são plásticos e dúcteis. As ligações entre elas são fracas, como um entrelaçado de árvore. Eles podem se cristalizar quando aquecido, amolecem e fundem, alguns exemplos são PEBD, PEAD, nylon, PVC, PVA, acrílicos. Os polímeros termofixos, ao contrário, dos termoplásticos têm cadeias longas muito ligadas entre si formando uma cadeia tridimensional, eles são mais resistentes que os termoplásticos, ao aquecem eles não se fundem, e começam a se decompor, alguns exemplos são resinas epóxi, melaninas, poliéster. (ASKENLAND *et al.*, 2017)

Os elastômeros são mais flexíveis e suportam cerca de 200% a deformação elástica, por essas características são denominadas borrachas sintéticas, e estão classificadas como estágio intermediário entre o termoplástico e o termofixos e no que se referem às ligações moleculares, suas ligações são cadeias simples como demonstrado na Figura 28. O neoprene, butyl, teflon, SBR, SBS, silicones, PU, polissulfeto, hypalon, EPDM, são exemplos desse produto (ASKENLAND *et al.*, 2017).

Figura 28: Transição térmica dos polímeros



Fonte: (ALMEIDA *et al.*, 2019)

Nos elastômeros, as ligações cruzadas são determinadas pelo enxofre, sendo o comportamento elástico dos polímeros. (CASTRO DE PAULA, 2018).

O processo de degradação de um polímero acontece no ambiente físico e químico. No processo químico é irreversível a reparação, no processo físico é reversível. A temperatura (radiação ultravioleta - U V e a ação mecânica) e oxigênio (solventes orgânicos e umidade) são questões relevantes no processo de ataque dos polímeros. Em condições desfavoráveis ocorre um aumento na degradação dos polímeros. (HELENE, 2014)

A NBR 13176-1994 determina que a baixa estabilidade térmica, ocasiona o início da degradação dos polímeros ocorre em 100°C a 200 ° C, pois as ligações são do modo covalente que não reage bem em as altas temperaturas. Para o polímero com base elastomérica, objeto de estudo deste trabalho, não existe uma norma randomizada, e sua durabilidade não está especificada pelo fabricante. O tempo de garantia estipulado pelo fabricante é de dois anos, após indica uma nova aplicação.

2.8.2. Polímero Elastômeros: Borracha Líquida

Selante fixo trópico à base de borracha mono componente, com elevada aderência, alta viscosidade, sua cura acontece em temperatura ambiente. O produto curado forma um elastômero flexível, durável e com elevadas resistências físicas, intempéries e raios U.V. (HM RUBBER, 2019)

Sua função é o selar as juntas de movimentação em pisos, rodapés, paredes e painéis pré-fabricados, incluindo materiais com diferentes coeficientes de dilatação, vedação perimetral de vidros e esquadrias de janelas, portas e molduras de aparelhos de ar-condicionado e cabeças de parafusos, indicado como Selante em telhados, demonstrada na Figura 29. (HM RUBBER, 2019)

O produto apresenta coloração branca proporcionando maior reflexão da luz, a sua aplicação não é indicada em superfície com brilho, pois apresenta baixa aderência. Devido a desunião entre os materiais, o mesmo não deve ser aplicado diretamente à chapa, deve-se utilizar um fundo previamente para então aplicar a borracha líquida. A densidade de sólidos por volume é de 50%, sua base é de solvente. O rendimento do produto pode ser determinado pelo local em que será aplicado, como por exemplo, local aberto, geometria irregular. O tempo de secagem pode variar conforme a temperatura no local. (HM RUBBER, 2019)

Figura 29: Aplicação de borracha líquida em telhado galvanizado



Fonte: <https://hmrubber.com.br/a-eficiencia-hm-rubber-em-telhados-metalicos/>(2019)

A borracha líquida, apresenta melhor adesão aos substratos das coberturas, permite ao instalador estender sua garantia no trabalho, proporciona um baixo custo de instalação, pois sua cura é rápida, podendo realizar a aplicação da segunda camada em quatro horas. Em ocorrência de precipitação de chuva durante a aplicação, não há danos ao produto. Possui excelente elasticidade, resistência mecânica no que diz respeito à contração e expansão das coberturas demonstradas na Figura 30. (HM RUBBER, 2019)

Figura 30:Aplicação de borracha liquida em telhado galvanizado



Fonte : <https://hmrubber.com.br/a-eficiencia-hm-rubber-em-telhados-metalicos/>(2019)

2.8.3. Polímero Elastômeros: Borracha termoplástica

É um Selante à base de borracha termoplástica, mono componente, que cura ao ar livre, formando uma película flexível e resistente. Possui excelente adesão nos mais diversos substratos e uma elevada concentração de aditivos contra irradiações UV-A e UV-B proporcionando uma ótima resistência à intempérie e ao envelhecimento. (ELASTIL, 2019)

Tem aplicabilidade como Selante de uso geral: vedação de toldos, tubulações de ar condicionado, fixação de rodapé de madeira e poliestireno, reparos automobilísticos e em embarcações náuticas. Selante de uso na construção civil, selante para box de banheiro e telhas, demonstrada na Figura 31. (ELASTIL, 2019)

Figura 31: Aplicação de borracha termoplástica em telhado galvanizado



Fonte: <https://www.amammanutencao.com.br/impermeabilizacao-telhados-poliuretano>(2019)

2.8.4. Polímero Elastômeros: Manta Líquida

Manta líquida tem alto desempenho, desenvolvida para reparo em telhados metálicos, cabeças de parafusos e áreas com corrosão. Sua embalagem proporciona uso rápido e sem equipamentos adicionais, acondicionado em lata metálica com válvula para aplicação em spray. (HARD, 2019)

Depois de aplicado forma rapidamente uma película impermeável, com alta elasticidade e excelente aderência em telhas metálicas, garantindo resistência mecânica, vedação completa e alta durabilidade aos agentes climáticos. Pode ser aplicado em reparo em telhas, rufos e calhas, sem necessidade de telas de reforço, é utilizada em parafuso de fixação e pregos, em áreas afetadas por corrosão, em aderência em substratos metálicos (aços, incluindo galvanizados, pintados, Galvalume / Aluzinc e alumínio), demonstrada na Figura 32. (HARD, 2019)

Figura 32: Aplicação de manta líquida em telhado galvanizado



Fonte: [HTTPS://www.amammanutencao.com.br](https://www.amammanutencao.com.br) (2019)

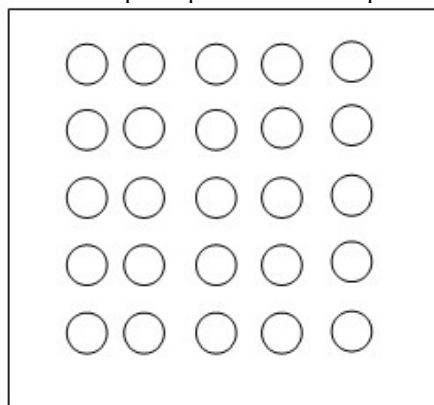
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

No presente capítulo é apresentado o programa experimental, com a preparação da chapa, escolha dos polímeros com base elastomérica, escolha do tipo de ensaio, aplicação dos polímeros nas chapas, pesagem das chapas com aplicação dos polímeros.

3.1. Sistematização do Programa Experimental

Selecionamos chapas utilizadas para as coberturas de telhados, sendo estas pré- pintadas a pó na cor branca (RAL 9003), com 0,5 mm de espessura nominal, galvanizadas por imersão a quente e com acabamento externo *primer* epóxi 5 micras mais poliéster 20 micras. As chapas de telhas foram cortadas em dimensões de 20 cm x 20 cm e com furos simétricos de 2 cm de diâmetro, totalizando 25 furos por chapa e quantidade de 30 chapas, determinada essa quantidade pelo pesquisador, conforme Figura 33.

Figura 33: Croqui esquemático da chapa metálica



Fonte: Autor

Os polímeros com base elastomérica que foram selecionados e como principal fundamento consideramos suas características técnicas e a densidade de sólidos por volume em níveis próximo e a densidade de cada produto, demonstrados na tabela 1 essas informações foram cedidas pelo fabricante, a

ficha técnica está em anexo. Devido a ausência de um método regulatório desses produtos, observamos diferenças químicas e de viscosidade significativas entre eles, essa diferença foi percebida em todo o ensaio. Cada fabricante disponibilizou suas respectivas fichas, conforme consta nos anexos 1, 2 e 3.

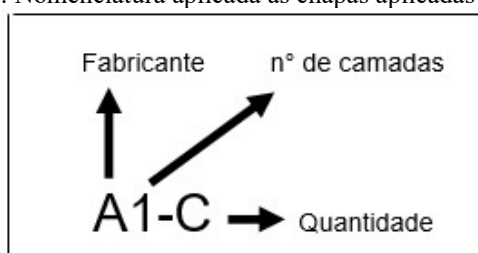
Tabela 1: Quadro de composição do polímero com Base elastomérica

Produto	Borracha líquida Produto A	Borracha termoplástica Produto B	Manta Líquida Produto C
Aspecto	Pastoso	Pastoso	Pastoso
Densidade	0,85-0,90 g/ml	090-1,00 g/ml	0,93 +/- 0,02 g/ml
Solido por volume	35 +/- 5	55 +/- 2	50 +/- 2

Fonte: autor

A identificação utilizada nas chapas foi padronizada seguinte forma: primeira letra é o fabricante, o número é a quantidade de camadas e a segunda letra é a quantidade de chapas, para todos os fabricantes foram feitas três unidades (A-B-C), demonstrada na Figura 34.

Figura 34: Nomenclatura aplicada as chapas aplicadas elastômero



Fonte: Autor

Para esse ensaio, a aplicação da pintura foi através de rolo de espumas de dez centímetros de largura. A aplicação do polímero foi realizada em toda a extensão da chapa nos dois lados (frente e verso) de forma uniforme. Foi alternada a aplicação em formato de camadas uma, duas e três camadas dos

polímeros, foram seguidas as orientações de cada fabricante, quanto ao tempo de secagem e a aplicação de uma nova camada.

Foram realizadas três amostras de cada produto (produto A produto B e produto C) variando a quantidade de camada a ser aplicada, totalizando vinte e sete chapas com aplicação dos produtos. Foram reservados três chapas originais sem aplicação utilizada como referência, conforme tabela 2.

Tabela 2: Tabela de amostras

Produtos	Quantidade	Quantidade com uma camada	Quantidade com duas camadas	Quantidade com três camadas
Referência	3	0	0	0
Produto A	9	3	3	3
Produto B	9	3	3	3
Produto C	9	3	3	3

Fonte: Autor

Para determinar a quantidade e volume(ml) a ser aplicado por chapa, , optamos pela pesagem das chapas utilizando balança de precisão da marca Marte modelo MS 10 k1 máximo: 10000g e o mínimo: 5g $d=0,1g$ $e= 1g$, sendo aferida no início do ensaio, demonstrado na Figura 35.

Figura 35: Balança de precisão Marte



Fonte: autor

A parte superior e inferior de cada chapa foi protegida com fita isolante, afim de evitar variáveis que pudessem interferir no experimento, conforme Figura 36.

Figura 36: Chapa metálica



Fonte: autor

Devido à variação de densidade, tornou-se difícil determinar o volume para aplicação em (ml), adotado então o critério de camadas aplicadas. Após a secagem as chapas foram pesadas. Na tabela 3, estão os pesos de cada chapa conforme a variação de camadas antes do ensaio.

Tabela 3: Tabela de massa (g) do polímero elastomérico aplicado em cada amostra

Referência (g)			
	Camada	Camada	Camada
Amostra	0	0	0
A	115,7		
B	116		
C	117,3		
Produto A			
	Camada	Camada	Camada
Amostra	1	2	3
A	119,3	121	119,8
B	127,2	122,3	125,3
C	121,8	121,2	122,7
Produto B			
	Camada	Camada	Camada
Amostra	1	2	3
A	124,9	120,8	123,4
B	130,3	130,3	132,7
C	121,3	121,4	121,6
Produto C			
	Camada	Camada	Camada
Amostra	1	2	3
A	124,1	125,3	124,4
B	138,9	134,9	142,9
C	124,8	126	128,5

Fonte: autor

Após o preparo, as chapas foram colocadas na câmara de névoa salina (Salt spray) atendendo a norma ASTM B117, ISO 9227 e NBR 8094, conforme demonstrado na figura 37. O experimento ficou exposto dentro da câmara de névoa salina, duas mil e vinte horas, com ciclos de abertura para avaliação de quinze em quinze dias com variação de tempo.

Figura 37: Câmara névoa salina



Fonte: autor.

Esse ensaio tem como finalidade acelerar o processo de corrosão de forma uniforme. Realiza-se a pulverização de solução salina (cloreto de sódio – Na Cl) de forma constante, com temperatura de (35°C) controlada e constante mantida por aquecedores dentro do próprio aparelho. De acordo com a norma ASTM B117, ISO 9227 e NBR 8094 o tempo mínimo de exposição é de vinte e quatro horas. Neste estudo a chapa permaneceu exposta a névoa por um tempo duas mil e vinte horas. Esse ensaio é utilizado para classificar o desempenho de pré-tratamentos de pintura, *primers* e/ou acabamentos de tinta, borracha líquida, entre outros. O ensaio não envolve qualquer exposição ultravioleta, apodrecimento e desbotamento da pintura, demonstrado na Figura 38. (ICZ, 2019).

Figura 38: Chapa dentro da câmara névoa salina.



Fonte: autor.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo apresenta a análise dos resultados, conforme os ciclos de observação registrados. Através de fotos de forma geral e de forma mais detalhadas de cada produto A, produto B e produto C. Registramos graficamente a tabela de pesagem realizada ao início e fim dos ensaios e comparamos os três produtos.

4.1. Análise qualitativa das alterações nas aparentes das chapas.

Ao iniciar esse experimento foi realizada a pesagem de todas as amostras desenvolvidas. Após finalizar o ciclo dentro da câmara realizou-se uma nova pesagem, com o intuito de avaliar possível alteração de massa, ocorrida no período dentro da câmara.

Na data do dia 24/07/19 iniciou o processo dentro da câmara. No início do experimento foram feitos registro fotográficos conforme ilustrado na figura 39.

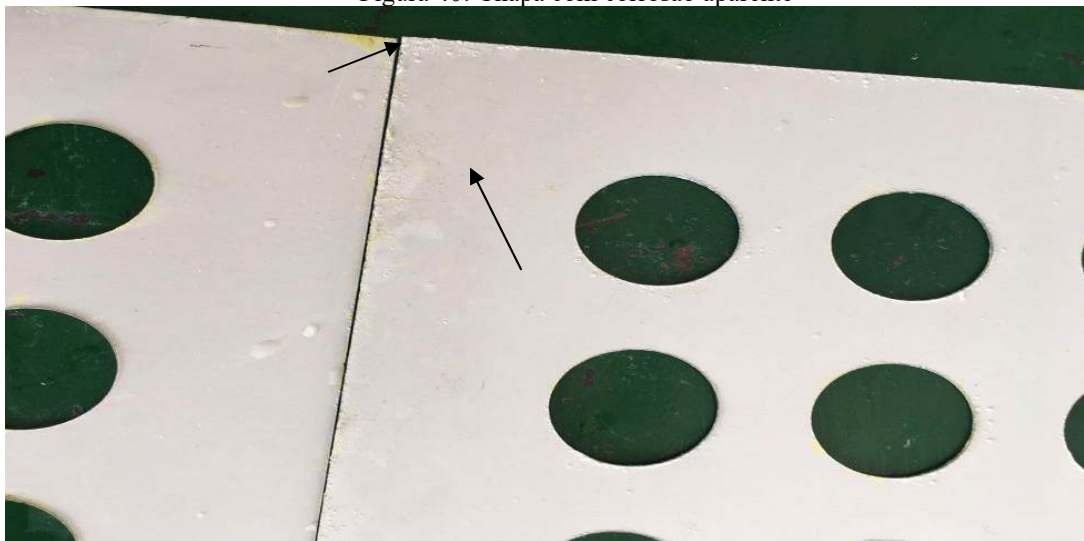
Figura 39: Chapas no início do experimento na Câmara Salina.



Fonte: autor

No dia 11/08/19, aproximadamente quatrocentos e sessenta e seis horas passadas, e quinze dias após a primeira observação, observamos que as chapas sem proteção do polímeros apresentavam pontos de corrosão aparente, conforme demonstrado na Figura 40.

Figura 40: Chapa com corrosão aparente

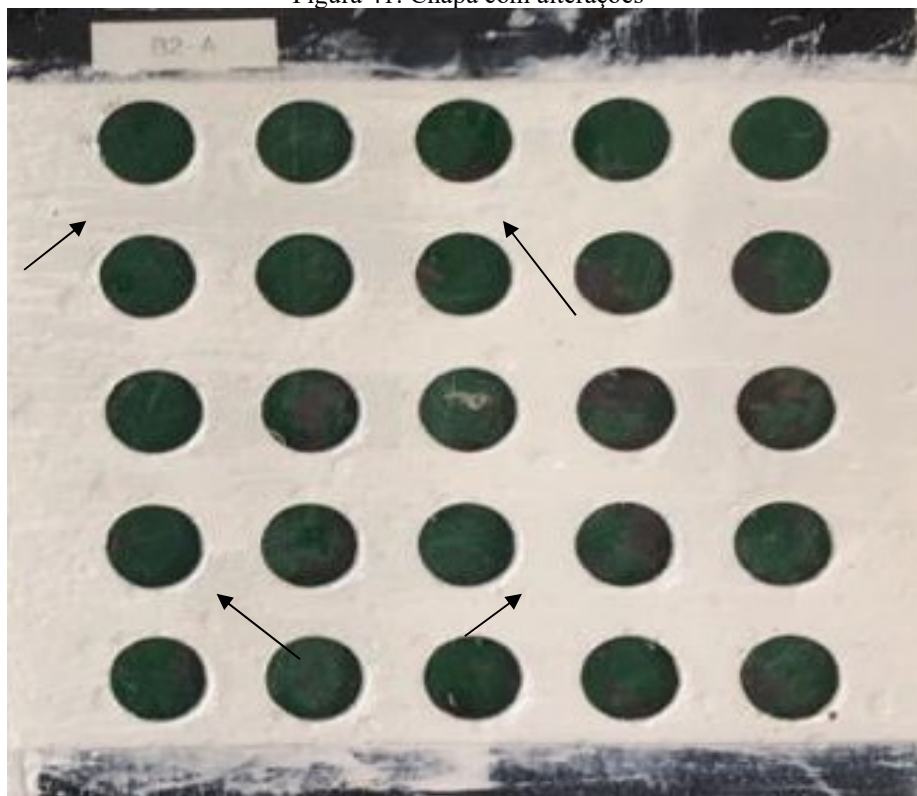


Fonte: autor

As placas com a proteção de polímeros, não apresentaram pontos de corrosão e nem alteração na superfície nos primeiros quinze dias de exposição.

Com quinze dias após a primeira abertura (26/08/2019) e cerca de trezentas e sessenta horas (equivale a 30 dias do início do ensaio), foi aberto a câmara e as amostras começam a apresentar alguns pontos de empolamento (formação de bolhas), podendo conter sólido e líquido na superfície, esse defeito apresentou-se de modo generalizado nas chapas com produto A, produto B e produto C. Nessa fase, é possível visualizar as falhas no revestimento, entre os materiais chapa e o polímero, demonstrada na Figura 41, com maior intensidade nas amostras com duas camadas.

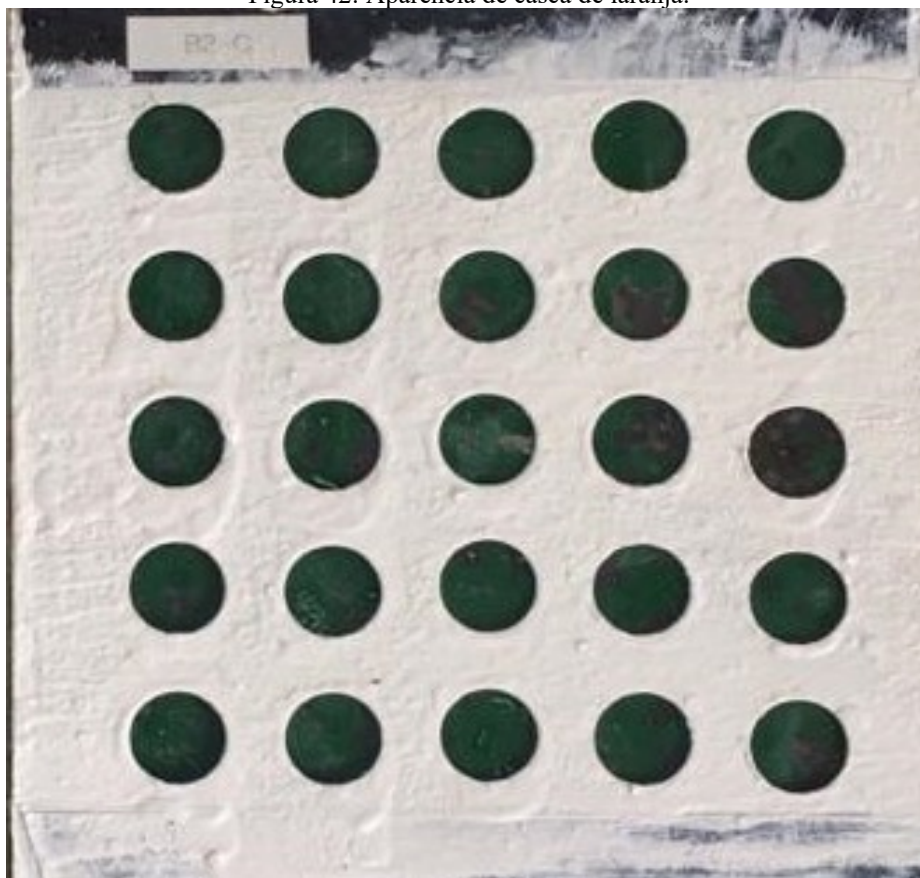
Figura 41: Chapa com alterações



Fonte: autor

No dia 11/09/2019, com trezentos e sessenta horas após a segunda abertura (equivalente a 45 dias do início do ensaio), ocorreu um novo ciclo de observação e registro fotográfico. Nas chapas sem proteção dos polímero a corrosão estava instalada, porém nas chapas com a proteção dos produtos em estudo tivemos empolamento na superfície de forma generalizada e má aderência, isso é, não houve adesão eficiente entre a chapa e o polímero, com aparência de casca de laranja, toda a superfície ficou coberta de forma irregular, conforme demonstrado na Figura 42.

Figura 42: Aparência de casca de laranja.

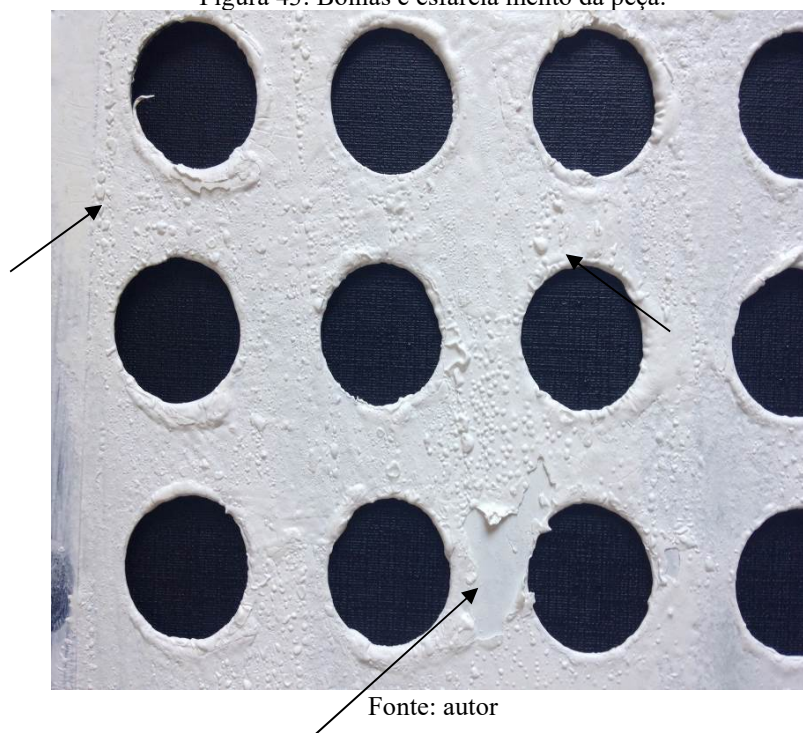


Fonte: autor

No dia 15/10/2019 foi finalizado o experimento com trinta e cinco dias após a última abertura, com um total de oitocentos e quarenta horas (equivalente a 80 dias exposição), totalizando duas mil e vinte horas.

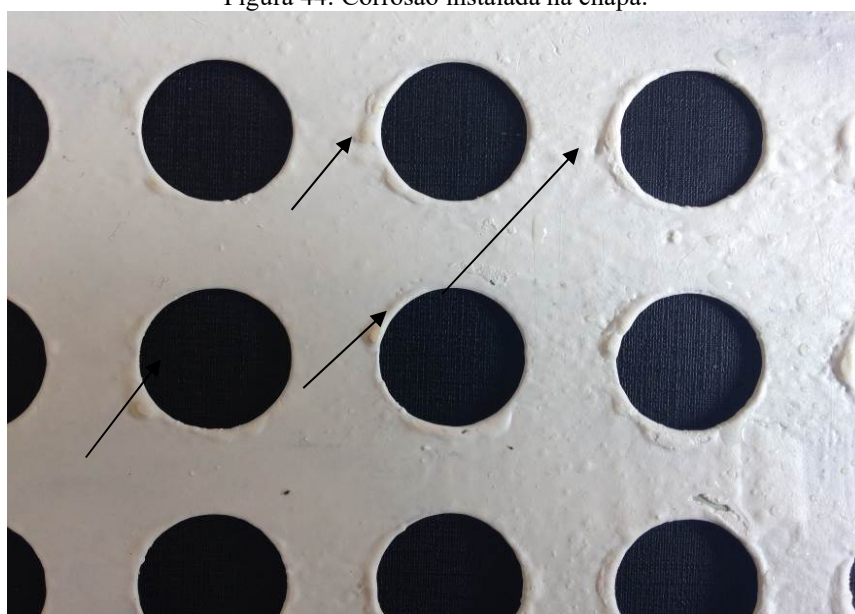
No final do experimento as amostras apresentaram perda de massa aparente e escorregamento, isso é, escorrimento do produto deixando a chapa totalmente desprotegida e em algumas chapas foi possível observar o fundo original da mesma. Observamos também que o processo de corrosão foi identificado em todas as chapas, tanto nas que não estavam com o produto como as que estavam e independentemente da quantidade de camadas aplicadas. Os produtos com maior densidade apresentaram empolamento, espessura irregular, ferveras, ou seja aparecimento de muitas bolhas de tamanho pequeno em toda a extensão da peça e esfarelamento do material, demonstrado na Figura 43. Mesmo após o término do ensaio a placa continuava com a aparência de molhada.

Figura 43: Bolhas e esfola mento da peça.



Mesmo nas chapas com três camadas do produto a corrosão ocorreu, conforme demonstrado na Figura 44. A corrosão se manifesta em forma de pontos, com coloração de ferrugem. O processo de corrosão é lento e para sua identificação demasiadamente explícita seria necessário um tempo maior de exposição.

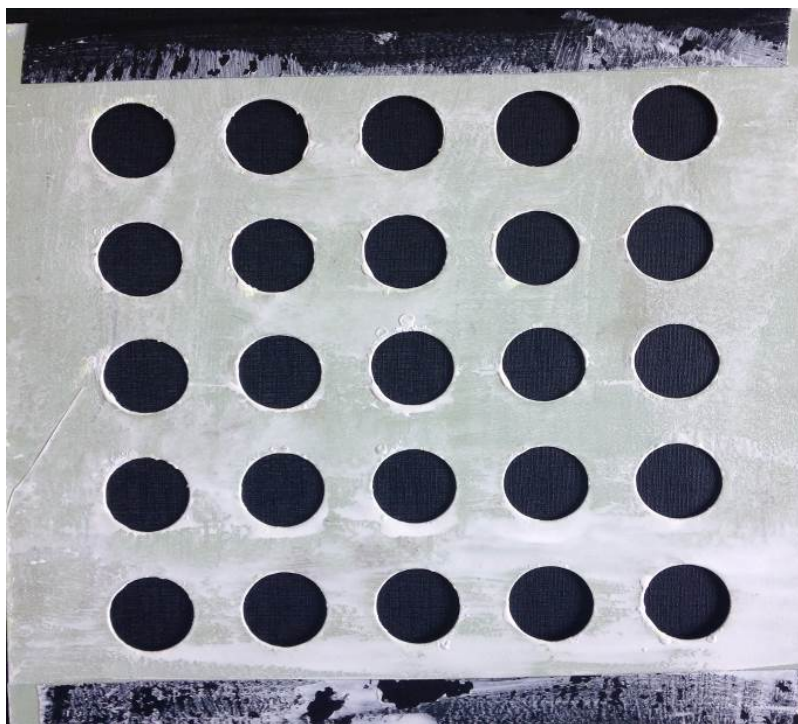
Figura 44: Corrosão instalada na chapa.



Fonte: autor

Os produtos apresentaram perdas visuais de densidade, pontos de escorregamento e má aderência, sendo possível visualizar a cor de fundo da chapa, demonstrados na Figura 45.

Figura 45: Perda de camada de proteção



Fonte: autor

4.2. Resultados da aplicação do produto A

Na chapa com a aplicação do produto A com uma camada observamos escorregamento e má aderência, em toda a sua extensão sendo possível ver o fundo da chapa e também observamos a concentração do material aplicado em volta dos círculos. Uma alteração da textura superficial compatível a um efeito casca de laranja, foi verificada em detrimento a chapa sem aplicação de polímero, demonstrada na Figura 46.

Figura 46: Chapa com produto A uma camada textura alterada



Amostra referencial

Amostra com produto A com uma camada

Fonte: autor

Com duas camadas do produto A, a chapa apresentou alterações no verso da peça, igualmente a chapa com uma camada, porém com uma redução expressiva do produto e má aderência generalizada na chapa, demonstrada na Figura 47.

Figura 47: Chapa com produto A com duas camadas, verso com escorregamento de material



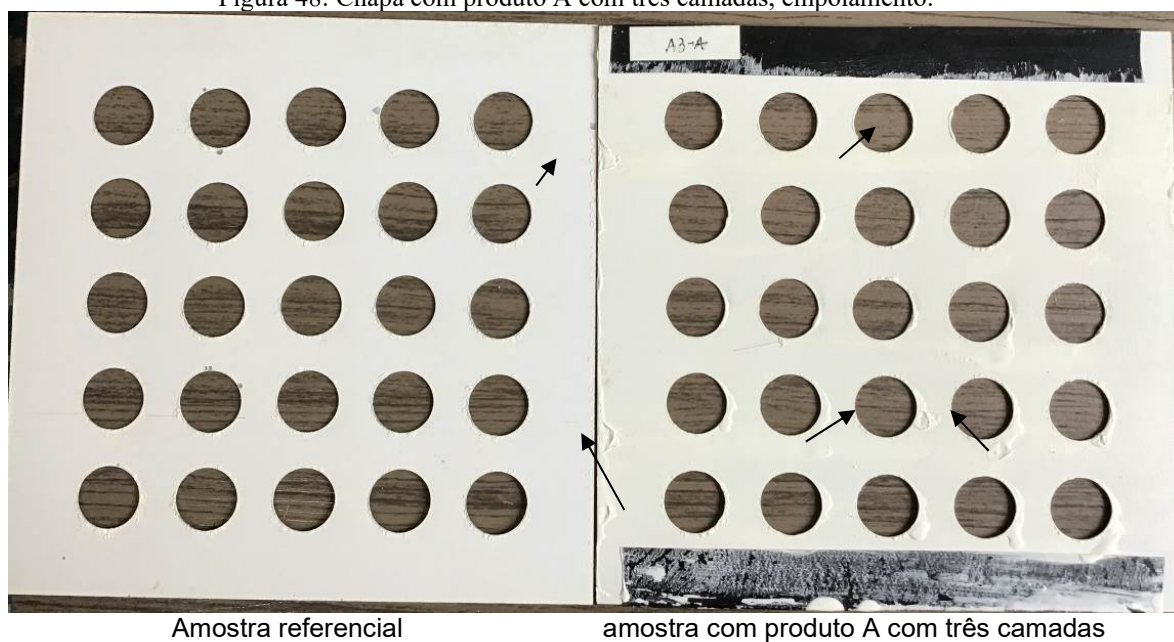
Amostra referencial

Amostra com produto A com duas camadas

Fonte: autor

Com três camadas do produto A, a chapa apresentou ponto de empolamento em volta dos cortes, e nas arestas externas da peça, conforme demonstrado na Figura 48.

Figura 48: Chapa com produto A com três camadas, empolamento.



Fonte: autor

No processo de pesagem do produto A, o mesmo apresentou diferença em comparação ao início do experimento, houve alteração da massa conforme demonstrado na tabela 4 / gráfico1. Esse acréscimo de massa deve-se pela presença de água e ao processo de corrosão já instalado.

Tabela 4: Tabela de pesagem das chapas do produto A

Referência (massa g)						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	0	0	0	0	0	0
A	115,7	115,7				
B	116	116,2				
C	117,3	117,5				
Produto A						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	01	Experimento	02	Experimento	03	Experimento
A	119,3	119,6	121	121,2	119,8	119,8
B	127,2	125,2	122,3	121,1	125,3	123,7
C	121,8	124,5	121,2	125,4	122,7	124,9
Média	122,7	123,1	121,5	122,56	122,6	122,8

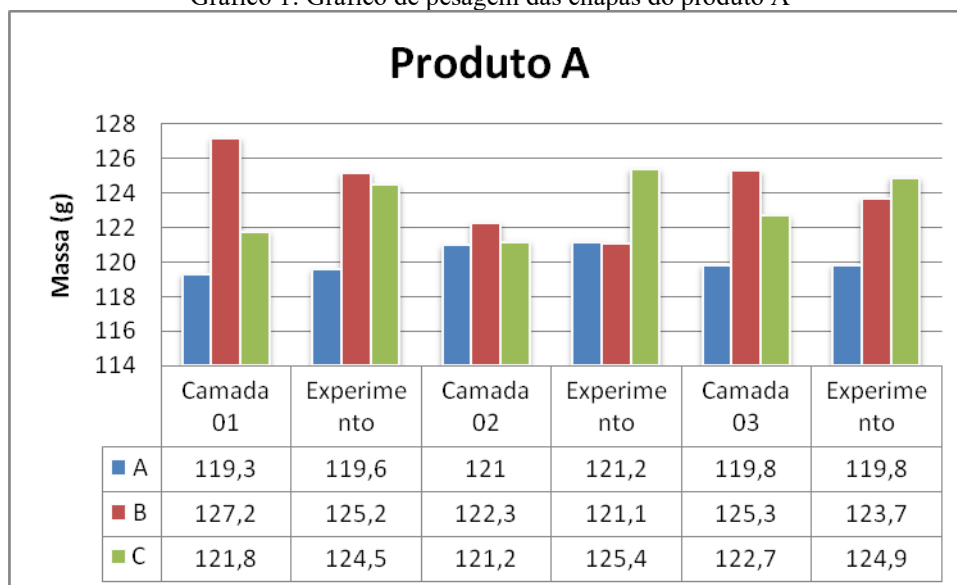
Fonte: autor

A amostra referencial (sem aplicação de produto), apresentou como média uma massa inicialmente de 115,7g e permaneceu a mesma após o ensaio, utilizamos três chapas referenciais. Com uma camada do produto A, massa elevou-se para 122,7 g de produto seco, cerca de 7 g ficaram depositados sobre a chapa, ao finalizar o experimento a massa altera de 123,1 g um aumento cerca de 0,3 g de massa na chapa.

Na chapa com duas camadas, a chapa referencial estava com 115,7 g ao aplicar duas camadas de produto A, a chapa altera sua massa para 121,5g com um acúmulo de produto seco de 5,8 g, após o experimento a massa altera para 121,2 g tendo uma variação crescente de 1,1 g de massa.

Com três camadas de produto A, a massa da amostra referencial é de 115,7 g com a aplicação do produto passa para 122,6g ficando cerca de 6,9 g de produto depositado na chapa, após o ensaio a amostra aumenta para 122,8 g um ganho de massa de 0,2 g na chapa.

Gráfico 1: Gráfico de pesagem das chapas do produto A

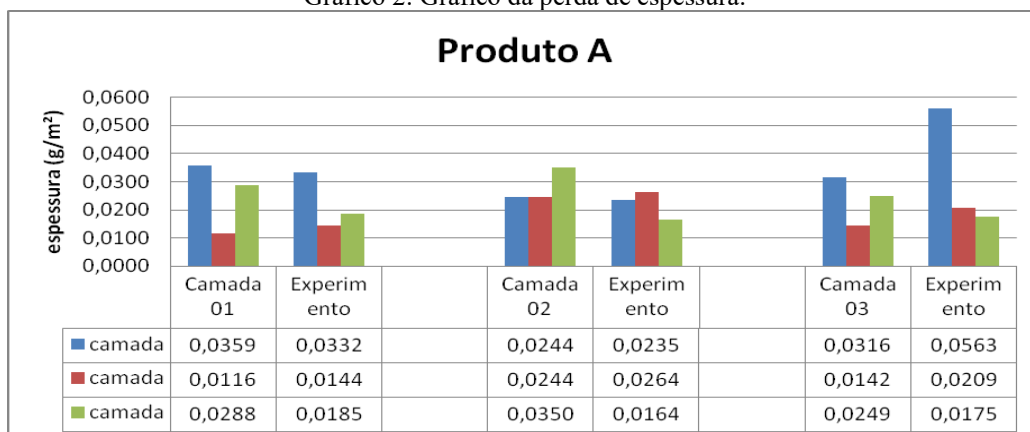


Fonte: autor

No produto A , em comparação com a medida antes do ensaio , há uma perda de espessura de camada seca expressiva, pois a densidade do material é menor, com isso ocorre uma perda significativa de espessura do produto aplicado na chapa, comprovado nas figuras 47 e na figura 48, já expostas na

presente pesquisa. No produto A podemos avaliar algumas contrariedades como: densidade menor de sólidos por volume, observamos então uma deficiência na aderência do produto, perda de espessura comprovada no gráfico 2, falha de aderência entre as camadas e presença de descolamento do produto da chapa. Desta forma, podemos inteirar que devido a densidade de sólidos menor, tais problemas são previstos.

Gráfico 2: Gráfico da perda de espessura.



Fonte: autor

4.3. Resultados da aplicação do produto B

No produto B, a chapa com uma camada de produto ficou visível, houve formação de empolamento em volta dos círculos e presença de fervura de forma generalizada, demonstrada na figura 49.

Figura 49: Chapa com aplicação de uma camada de produto B



Fonte: autor

No produto B, com duas camadas a chapa apresentou empolamento com uma concentração de produto em volta dos cortes, pontos de corrosão e descolamento do polímero da chapa, demonstrada na Figura 50.

Figura 50: Chapa com aplicação de duas camadas de produto B



Amostra referencial

Amostra com produto B com uma camada

Fonte: autor

No produto B, a chapa com aplicação de três camadas, o empolamento é mais expressivo, temos pontos de corrosão com sangramento, acúmulo de material em volta dos círculos e movimentação do material, demonstrada na Figura 51 abaixo.

Figura 51: Chapa com aplicação de três camadas de produto B



Amostra referencial

amostra com produto B com duas camadas

Fonte: autor

Na pesagem do produto B também ocorre uma alteração de massa, aumentando o peso das chapas, conforme demonstrado na tabela 5. A aparência do produto é de uma superfície molhada após sair da câmara. Tal fato, presença de água na superfície dos poros, pode ser devido ao ensaio ou é uma característica do material ter essa aparência molhada, não sendo possível afirmar a veracidade das situações.

Tabela 5: Tabela de pesagem das chapas do produto B

Referência (massa g)						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	0	0	0	0	0	0
A	115,7	115,7				
B	116	116,2				
C	117,3	117,5				
Produto B						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	1	1	2	2	3	3
A	124,9	125,9	120,8	122,1	123,4	128,9
B	130,3	133,5	130,3	135,1	132,7	138,2
C	121,3	122	121,4	122,1	121,6	122,2
Média	125,5	127,13	124,16	126,43	125,9	129,76

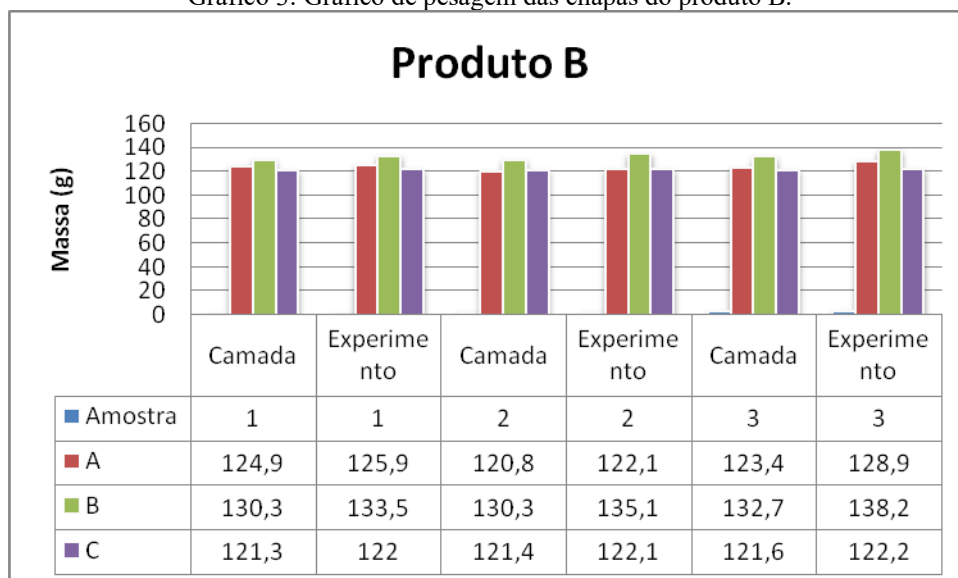
Fonte: autor

A amostra referencial que não possuía aplicação de produto antes do ensaio, apresentou massa de 116 g. Com a aplicação do produto B, a chapa com uma camada de produto eleva a massa para 125,5 g de produto seco, cerca de 9,5 g ficaram depositados sobre a chapa, ao finalizar o experimento a massa altera para de 127,1 g um aumento de 1,6 g de massa na chapa.

Na chapa com duas camadas a chapa referencial pesou 116g ao aplicar duas camadas de produto B, a chapa altera sua massa para 124,1g com um acúmulo de produto seco de 8,1 g após o experimento a massa altera para 122,1 g tendo uma variação crescente de 1,3 g de massa na chapa.

Com três camadas de produto B, a massa da amostra referencial é de 116 g com a aplicação do produto B, chapa altera sua massa para 125,9g ficando cerca de 9 g de produto depositado na chapa, após o ensaio a amostras aumenta para 129,76 g um ganho de massa de 3,86g na chapa.

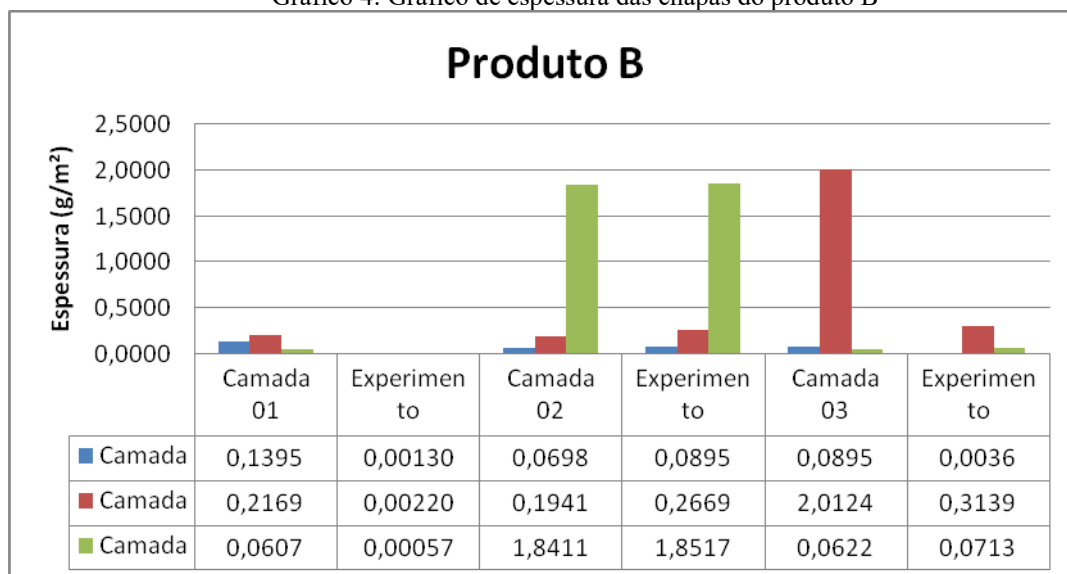
Gráfico 3: Gráfico de pesagem das chapas do produto B.



Fonte: autor

No Produto B, a perda de espessura foi irrelevante, comparado aos sólidos que ficaram depositados na chapa.

Gráfico 4: Gráfico de espessura das chapas do produto B



Fonte: autor

Devido a porosidade do material, supomos que o aumento de espessura seria possível com a presença de água e ar na amostra, sendo isto um problema, pois ao invés de proteger o material ele pode potencializar a corrosão já instalada.

4.4. Resultados da aplicação do produto C

No produto C, com uma camada de produto há pontos de corrosão em volta dos círculos e degradação do polímero no verso da peça em todas as camadas, demonstrado Figura 52.

Figura 52: Chapa com aplicação de três camadas de produto C



Amostra referencial

Amostra com produto C com uma camada

Fonte: autor

No produto C com duas camadas ocorreu um acúmulo de produto em volta dos cortes e no verso da peça escorregamento do produto, demonstrada na Figura 53.

Figura 53: Chapa com aplicação de duas camadas de produto C



Amostra referencial

Amostra com produto C com duas camadas

Fonte: autor

No produto C com três camadas ocorreu alteração do polímero, ponto de falhas na aderência, demonstrada na Figura 54.

Figura 54: Chapa com aplicação de três camadas de produto C



Fonte: autor

Tabela 6: Tabela de pesagem das chapas do produto C

Referencial (massa g)						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
A	115,7	115,7				
B	116	116,2				
C	117,3	117,5				
Produto C						
	Camada	Experimento	Camada	Experimento	Camada	Experimento
Amostra	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
A	124,1	123,3	125,3	121,8	124,4	122,4
B	138,9	147,4	134,9	153,2	142,9	143,4
C	124,8	124,9	126	126,6	128,5	128,7
Média	129,9	131,8	128,7	133,6	131,9	131,5

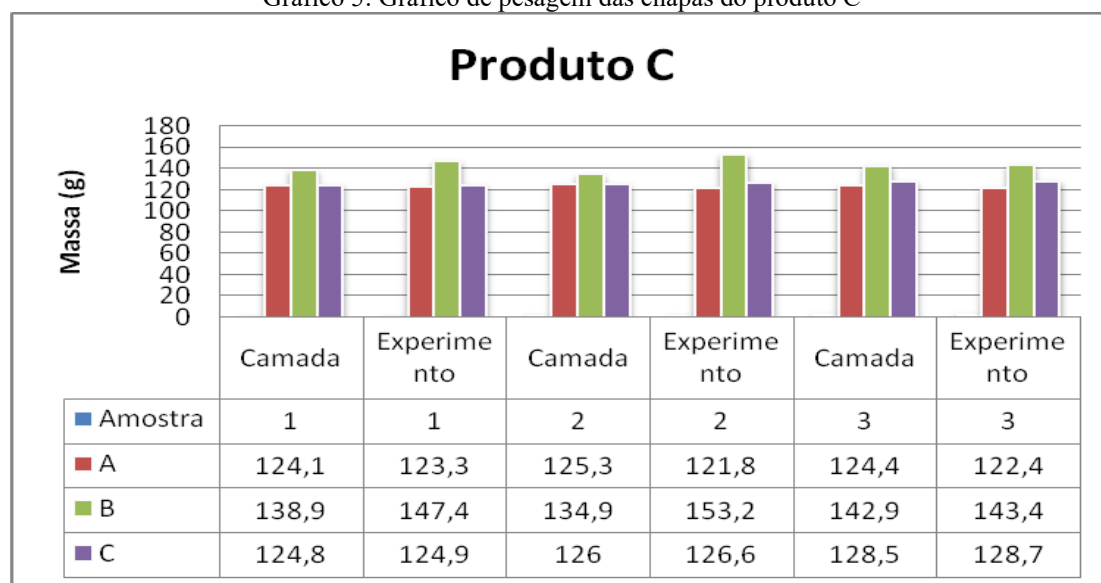
Fonte: autor

A amostra referencial não tem aplicação de produto, antes do ensaio apresentava massa de 117,3 g. Com a aplicação do produto C, a chapa com uma camada de produto eleva sua massa para 129,9 g de produto seco, cerca de 12,5 g ficaram depositados sobre a chapa, ao finalizar o experimento a massa altera para de 131,8 g um aumento de 1,9 g de massa na chapa.

Na chapa com duas camadas a chapa referencial pesou 117,3 g ao aplicar duas camadas de produto C, a chapa altera sua massa para 124,1g com um acúmulo de produto seco de 11,4 g, após o experimento a massa altera para 133,6 g tendo uma variação crescente de 4,9 g de massa na chapa.

Com três camadas de produto C, a massa da amostra referencial é de 117,3 g com a aplicação do produto C, chapa altera sua massa para 131,9g ficando cerca de 14,9 g de produto depositado na chapa, após o ensaio a amostra aumenta para 131,5 g uma redução de massa de 0,4 na chapa. Esse dado é comprovado no gráfico 6 em que produto não absorveu umidade, porém perdeu espessura de massa.

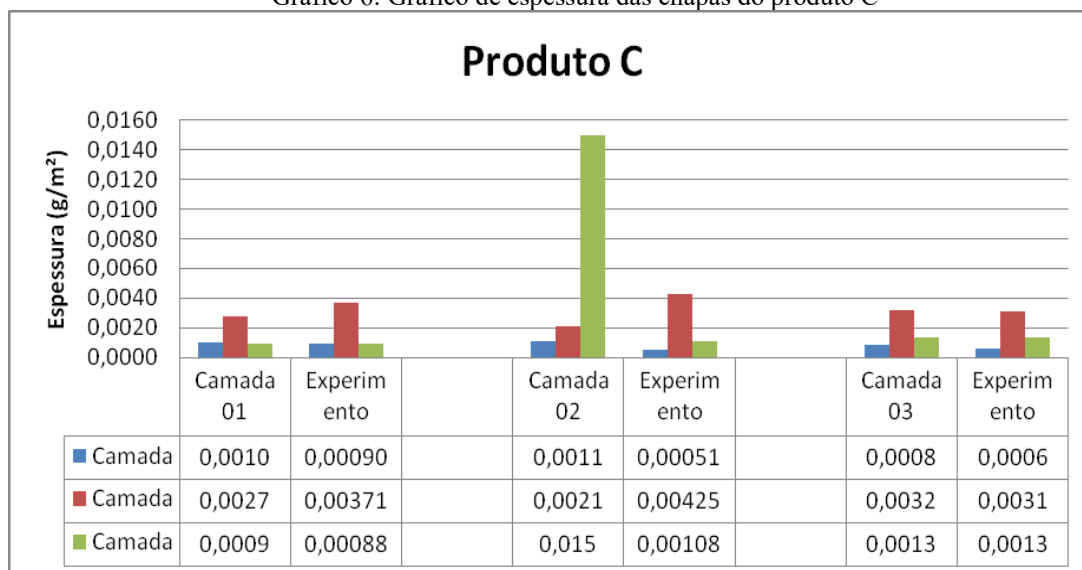
Gráfico 5: Gráfico de pesagem das chapas do produto C



Fonte: autor

O Produto C, material teve uma perda em todas as camadas, porem a absorção de umidade se dá apenas na chapa com uma e duas camadas, na chapa com três camadas o produto tem uma perda de massa depositada na chapa, demonstrada no gráfico 6.

Gráfico 6: Gráfico de espessura das chapas do produto C



Fonte: autor

4.5. Comparação dos resultados dos três produtos.

A escolha da câmara salina para avaliação do produto demonstra que mesmo o produto sendo um polímero, não reage bem em ambiente com umidade constante, pois os produtos A, B e C tiveram um ganho de massa após o ensaio. Os aspectos visuais das chapas aplicadas com os produtos alteraram significativamente, em comparação ao início da pesquisa, apresentando problemas como bolhas, movimentação do material, má aderência entre a chapa e o polímero, esfrelamento, entre outros.

Quando avaliamos a alteração da massa comparada a variação de camada de material o produto A aplicado na chapa e o produto B aplicado na chapa, não encontramos diferença significativa. O ganho de massa, no produto C com uma camada de produto e duas camadas de produto apresentou o mesmo

resultado que os produtos anteriores. Uma diferença ocorreu no produto C aplicado na chapa com três camadas de produto, no qual houve perda de espessura, porém sem alteração de massa, ou seja, observamos uma proteção efetiva.

Os produtos ao absorverem umidade, potencializam a corrosão e aceleram esse processo. A má aderência entre a chapa e o polímero foi comprovada nos três produtos.

De modo geral cada produto apresenta suas falhas necessitando um aperfeiçoamento na especificação técnica, o produto A por ter os sólidos por volume menor, o produto que efetivamente vai ficar na placa, não consegue após o ensaio ficar preso na mesma deixando-a completamente desprotegida. O produto B apresentou uma umidade excessiva, não tendo como comprovar se é uma característica do produto ou se é devido o ensaio realizado. No produto C, mesmo com melhor desempenho com alternância de camadas, a aderência entre o polímero e a chapa foi insatisfatória sendo possível remover o material da chapa com facilidade. Após a finalização do ensaio o fabricante informou que essa má aderência se deve pela falta de um produto, que faça uma ponte de aderência entre os materiais, não sendo aconselhada a aplicação diretamente na chapa, como foi feito nesse experimento. Essa informação só foi disponibilizada pelo fabricante após a realização do experimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo, descreveremos as considerações finais do trabalho e o resultado obtido após a análise das fotos, pesagens, gráfico e planilha que foram coletados durante a pesquisa.

5.1. Considerações finais

Quando iniciou o trabalho de pesquisa constatou-se a importância do estudo comparativo, devido a redução de resíduos e menor exploração do meio ambiente, sendo importante para a sociedade a comparação dos produtos disponíveis no mercado, tendo em vista amenizar ou até mesmo reduzir a corrosão e assim aumentar a vida útil das telhas com corrosão já instalada.

- Considera-se alcançado o objetivo geral que tinha como: avaliar e comparar o comportamento das chapas frente a corrosão aparente, com a aplicação de diferentes tipos de polímeros com base elastomérica, borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida.”
- Quanto ao objetivo específico era comparar a aplicação de diferentes camadas e tipos de polímeros com base elastomérica, borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida, foi alcançada. Verificar a perda de massa na chapa quando submetido ao teste na câmara salina acelerado, foi alcançado ocorrendo alteração visual no polímero aplicado sobre a chapa. Observar a interferência da quantidade de produto aplicado na chapa na incidência na corrosão aparente, foi alcançada, a chapa com produto C e 3 camadas teve perda de massa porém a corrosão não se instalou.
- A hipótese proposta no início dessa pesquisa era “presume-se que todos os produtos (borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida) iriam proteger contra corrosão independentemente da quantidade de camada aplicada sobre a chapa, foi refutada, uma vez que somente o

produto C na condição de três camadas, apresentou um resultado efetivamente dentro do que se esperava.

- No problema de pesquisa “Dentre os polímeros com base elastomérica (borracha líquida, borracha termoplástica e manta líquida), aplicado sobre uma chapa metálica Galvalume, qual possui maior proteção contra corrosão aparente?” concluiu-se que cada produto apresenta um ponto de dificuldade, a borracha líquida sendo o produto que teve a melhor eficiência com três camadas precisa de um base entre a chapa e a borracha para ter uma aderência efetiva, a borracha termoplástica em ambiente agressivo, deixou a chapa totalmente desprotegido e a manta líquida apresentou uma superfície umida após o final do experimento, sendo uma agente potencializador de corrosão, contudo não sendo efetivamente eficaz na proteção dos telhados galvalume.
- Nessa pesquisa por não ter uma metodologia pré determinada por norma, foi criada pelos pesquisadores, simulando como seria feito em campo. Foram cortada chapas de telha galvalume e aplicada o produto com a orientação do fabricando quanto ao tempo de secagem e alternando camadas de produtos. Após a secagem dos produtos, foram feito a pesagem em balança de precisão e levado a camara salina, após o final de experimento, foi feito uma nova pesagem e analisados os dados de como cada produto se comportou em ambiente agressivo.
- As limitações que tivemos ao realizar a pesquisa, foi a falta de informação, sobre a polímero elastomérico, sendo que cada fabricante, não informou como deveria ser preparada a base antes da aplicação da borracha, sendo assim o produto não teve a devida proteção. Além da escolha da chapa, que poderia ter sido uma sem pré pintura, para deixar os pontos de corrosão mais evidentes. Outra limitação foi a falta de norma para esse produto, é sem dúvida um agravante na pesquisa, pois o

processo químico, de cada produto é diferente os parâmetros de comparação fica imprecisos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomendamos à aplicação de produtos com a mesma base química em telhas galvanizada pura (sem pintura ou *primer* de proteção), base de zinco.

Sugerimos pesquisas com relação a outras variáveis tais como raios ultravioleta.

Avaliar a aplicação desses produtos quanto à resistência a dilatação na junta de sobreposição de telhas metálicas, entre os elementos de acabamento (cumeeira metálica, rufos, contra rufos, pingadeiras) com a telha pois tais telhas possuem alta resiliência e deformabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL, **Associação brasileira do Alumínio**, 5º edição, Rio de Janeiro Abraco-2011. Disponível em: < <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/> > acesso em 13/10/2019

ALMEIDA, G.S. G de El al; **Engenharia dos Polímeros- Tipos de aditivos, propriedades e aplicações**. 1º edição, Pinheiros – São Paulo

ARRUDA, E.A.F.; **Estudo comparativo do processo corrosivo do aço patinável e do aço carbono comum**. TCC (Graduação de Engenharia Mecânica). Prof. Orientador Eduardo Magalhães Braga Dr. Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Belém- PA, 2009.

ASKELAND, D.R. el al; **Ciência e engenharia dos materiais**. 3º edição Tradução da norte-americana, São Paulo Cengage Learning- 2015. Blucher – 2019.

BORGES, M. **Soldagem**, Disponível em: < <http://mmborges.com/processos/Uniao/uniao%20termica%20-%20soldagem.htm> > acesso em 12/10/2019

CASIMIRO, P.J.N.; **Materiais de contato com água para consumo humano, mecanismos de degradação e contaminação**. Dissertação, (Mestrado em Engenharia dos materiais). Prof. Orientador Rui Silva Dr., Teresa Cidade. Dr.

CASTRO, P C.; **Perícias em Edificações II**. APOSTILA DE MBA em PERÍCIA, AUDITORIA e GESTÃO AMBIENTAL.

CICHINELLI.G.C.; **Coberturas metálicas**; disponível em:
 <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/145/artigo285458-2.aspx> > Acesso
 em 29/07/2019.

CIMM. **CORROSÃO EM AGUA DOCE**, Disponível
 em:<https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6348-corrosao-em-agua-salgada#.W15cQdJKjIV,> Acesso em 29/07/2019

Conceição Raimundo Dr., Faculdade de ciência e tecnologia, Universidade nova de Lisboa, 2012.

DUTRA, A. C. el al; **Proteção Catódica- Técnica de combate à corrosão**.
 Érica Saraiva 2015.

GOMES, A.C.T.; **Analise da corrosão e da erosão- corrosão do aço carbono em meio com NaHCO₃ e CO₂** TCC (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos). Prof. Haroldo, de Araújo Ponte Dr., Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, 2005.

ICZ, **Instituto de Metais não Ferrosos**; Disponível em:<<http://www.icz.org.br>>
 Acesso em 12/10/2019

INFOMET. **Aços e Ferros Fundidos**, Disponível em:
 <<http://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?codConteudo=101>> acesso 20/06/2018

ISOTREF, disponível em: <<https://www.isotref.com.br/site/trefilacao/> > acesso
 em 13/10/2019

KRELLING, A. **Metalurgia do Pó**; Disponível em: Instituto Federal de Santa Catarina <<http://joinville.ifsc.edu.br/~anael.krelling/> > acesso em 12/10/2019

LIUBARTAS, D al et.; **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas**. Scientific Journal of the Faculdades Metropolitanas Unidas, Prof. Orientador Alexandre Formigoni Dr., São Paulo, 2014.

LOUREIRO, M.; **Corrosão de metais**, Disponível em: <<http://www.marioloureiro.net/ensino/manuais/corrosao/1corrosao.doc>> Acesso em 29/07/2019.

MECÂNICA INDUSTRIAL; **Aço com médio teor de carbono**, Disponível em:<<https://www.mecanicaindustrial.com.br/518-aco-com-medio-teor-de-carbono/>> Acesso em 29/07/2019.

MODENESI, J. P. el al, **Introdução a metalurgia da Soldagem**, Departamento de metalurgia e matérias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-2012.

NUNES, L.P. **Materiais- Aplicações de engenharia, seleção e integridade**, 1º edição Rio de Janeiro Interciência - 2012

NUNES, G.F.M.; **TIPOS DE CORROSÃO**, Disponível em: <http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/6_-_tipos_de_corrosxo.pdf> Cefet- MG, Acesso em 29/07/2018

OLIVEIRA, A.R, **Corrosão e tratamento de superfície**. Instituto federal de Educação, Ciência e tecnologia, Catalogam técnico IFPA Belém- PA, 2012.

PANNONNI, F.D. M.Sc., Ph.D; **FUNDAMENTOS DA CORROSÃO**, Disponível

em:<http://professordanielrossi.yolasite.com/resources/Fundamentos_da_corros%C3%A3o.pdf> Acesso em 29/07/2019

PAVANATI, H.C.; **Ciência e tecnologia dos materiais**, 1º edição São Paulo-SP, Pearson -2015

POZZEBON, e RODRIGUES; **Radiação Ultravioleta em trabalhadores da construção civil: Problemas e Soluções**. Artigo (Iniciação científica).

PROBST, S; **as formas de corrosão**, Disponível em:
<<http://engenheirodemateriais.com.br/2017/04/26/as-formas-de-corrosao/>>
Acesso em 29/07/2018.

RECICLOTECA; **Metal: história, composição, tipos, produção e reciclagem**;
Disponível em: < <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/metal/>>
Acesso em 29/07/2018

ROZEMBERG, I.M, - **Química Geral** 5º reimpressão, São Paulo – São Paulo
SILVA, J.N.S.; **Incidências de manifestações patológicas: o caso das estruturas do centro de convenções da BAHIA**. Monografia, (Graduação de Engenharia Civil). Prof. Orientador Washington Almeida Moura Dr., Jardel Pereira Gonçalves. Dr. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana- BA, 2008.

SILVA, V. P. el alt.; **Estruturas de aço para edifícios – aspectos tecnológicos e de concepção**, 2º reimpressão São Paulo, Blucher – 2010

SILVA, V.G.; **Avaliação da susceptibilidade à corrosão sob tensão do aço inoxidável superduplex uns s32750 soldado pelo processo tig orbital em meios contendo Cl^- , CO_2 e H_2S** TESE (Mestrado em Engenharia Mecânica). Prof. Orientador Sergio Souto Maior Tavares PhD. Universidade Federal Fluminense Escola de engenharia, 2012.

VICENTE, Gentil; **Corrosão** 6º edição Rio de Janeiro, Gen. LTC- 2014
VLACK, L.H.V.; **Princípios de ciência e tecnologia dos materiais**. Tradução da 4º edição/ atualizada e ampliada 29º tiragem Rio de Janeiro- 1984

7. ANEXO

Ficha Técnica 1: Boletim técnico da borracha Líquida

Cor	Branco e várias outras cores		
Acabamento/brilho	Não aplicável		
Sólido por volume	50% ± 5%		
Relação de Mistura	Monocomponente		
Espessura típica do filme	250µm – madeira e metal 1000 a 1200 µm - concreto		
Rendimento teórico	2m ² /L – Madeira e Metal 0,40 – 0,45 m ² /L – Concreto		
Rendimento Prático	O rendimento prático depende de vários fatores que incluem método de aplicação, se a aplicação é em ambiente fechado ou aberto “ventos aumentam consideravelmente a perda”, geometria da superfície a ser aplicada etc...		
Método de aplicação	Pincel, Rolo, Bomba air-less		
Ponto de Fulgor			
Massa Específica	1,11 g/cm ³		
Dureza Shore A	70 ±5		
Resistência inicial a tração	165,19 g/cm ² 22°C		
Alongamento	550% 22°C		
Resistência ao Rasgo (Faca C)	50,8 kg/cm		
Refletância na cor branca	0,89		
Tempo de Indução	Não aplicavel		
Secagem	10°C	20°C	30°C
Ao toque	12h	8h	6h
Ao Trafego	72h	60h	48h
Ao Total	72h	60h	48h
Soltar água	72h	60h	48h
Repintura	4h	2h	1h

Considerando umidade a 50%

Não há intervalo máximo para aplicação entre demãos.

Fonte: Fabricante produto A

Ficha Técnica 2: Boletim técnico da borracha Termoplástica

Borracha Termoplástica		
Apresentação	Cartucho de Alumínio 300 ml Bisnaga de alumínio 50g	
Cores	Preto Branco Cristal Incolor Cinza	
Composição / Base Química	Elastômeros sintéticos, solventes aromáticos e aditivos	
Densidade	0,90 – 1,00 g/ml	
% de Sólidos	55 +/- 2	
Aspecto	Pasta Tixotrópica	
Tempo de Cura	Película	2 minutos
	Total	24 horas
Mantém a flexibilidade após a cura. Aceita pintura com tintas látex ou à base de solventes. Não contém ácido acético.		

Fonte: Fabricante produto B

Ficha Técnica 3: Boletim técnico da borracha Termoplástica

Base Química	Elastômero Sintético
Aspecto	Pastoso
Cura	Evaporação Solvente
Tempo de Formação de Pele	Aproximadamente 5 minutos
Velocidade de Cura Total (25°C)	24 Horas
Densidade	0,93 +/- 0,02g/ml
Retração Após a Cura	Aproximadamente 25%
Resistência à Tração	27,0 (MPA)
Dureza	70 Shore A
Alongamento	≤ 600%
Modo Elástico 100%	0,95N/mm ²
Resistência a Temperatura Após a Cura	-20°C a +80°C

Fonte: Fabricante produto C

Ficha Técnica 4: Boletim técnico da Manta Líquida

PROPRIEDADES	REFERÊNCIA	DADOS TÉCNICOS
Base Química	-	Borracha Sintética
Cor	-	Branco e Alumínio
Consistência	ASTM D 2202	Autonivelante
Tempo de trabalho	ASTM C 679	10 minutos
Cura inicial	ASTM C 679	30 minutos
Resistência mecânica máxima	-	Após 72 horas
Rendimento (por demão)	-	1,5 m ² (por frasco)
Temperatura de aplicação (superfície)	-	5°C à 40°C
Estocagem	-	5°C à 25°C
Validade	-	24 meses
Rendimento por parafuso	-	50 reparos

Fonte: Fabricante produto C