

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**RAILDE PAULA DINIZ ARAÚJO**

**DESENVOLVIMENTO DE VIDRADO CERÂMICO MEDIANTE  
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

São Luís - MA

2019

**RAILDE PAULA DINIZ ARAÚJO**

**DESENVOLVIMENTO DE VIDRADO CERÂMICO MEDIANTE  
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Maranhão, UFMA – Campos Bacanga para obtenção do título de Mestre em Design.

Área de concentração: Design de Produtos.  
Linha de pesquisa: Materiais, processos e tecnologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Denilson Moreira Santos.

São Luís - MA

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Araújo, Railde Paula Diniz.

Desenvolvimento de vidro cerâmico mediante  
incorporação de resíduos sólidos / Railde Paula Diniz  
Araújo. - 2019.  
125 f.

Orientador(a): Denilson Moreira Santos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Design/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,  
2019.

1. Design. 2. Resíduos sólidos. 3. Vidro cerâmico.  
I. Santos, Denilson Moreira. II. Título.

**RAILDE PAULA DINIZ ARAÚJO**

**DESENVOLVIMENTO DE VIDRADO CERÂMICO MEDIANTE  
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Design do Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Maranhão, UFMA – Campos Bacanga. Orientador: Prof. Dr. Denilson Moreira Santos.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca examinadora

---

**Prof. Dr. Denilson Moreira Santos - (Orientador)**  
Doutorado em Química pela UNESP.

---

**Profa. Dra. Raquel Gomes Noronha**  
Doutorado em Ciências Sociais pela UERJ.

---

**Profa. Dra. Livia Flávia de Albuquerque Campos**  
Doutorado em Design pela UNESP.

---

**Profa. Dra. Ingrid Gomes Braga**  
Doutorado em Conservação e Restauração de Bens Culturais pela UPV.

São Luís - MA

2019

Dedico esta dissertação à minha família.

Aos meus amigos, aos meus mestres e  
professores.

Em especial as minhas avós Josete Diniz,

Joana Rodrigues Araújo,

à minha amiga de infância Jhenys Rayane

Santos Silva

e ao meu aluno de pintura Luan Costa

Goes/*(in memoriam)*.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as coisas que tenho conquistado na vida.

À minha família, em especial aos meus pais que são de grande importância em minha vida. Ensinarão-me que a educação e o respeito para com os outros são, primordiais na vida de uma pessoa. Agradeço-lhes por terem investido em meus estudos. À minha mãe, Josenilde Diniz, que sempre acreditou no meu potencial, apoiando-me em tudo que eu me dispus a fazer. Ao meu pai, Raimundo J. R. Araújo, por me ouvir, por me aconselhar, por estar presente em todos os momentos. Aos meus irmãos Rayane, Joanne e Roney por me fazerem crer que consigo ir bem mais além, pelo apoio e paciência que tens me dado.

Ao meu *sensei* (professor) Denilson Moreira Santos, meu orientador, que acreditou nas minhas capacidades de pesquisadora e por continuar sendo meu orientador no mestrado.

À professora Raquel Gomes Noronha, pelos ensinamentos compartilhados durante as disciplinas e no NIDA (Núcleo de pesquisa em Inovação, Design e Antropologia).

A Universidade Federal do Maranhão – UFMA, ao Programa de Pós-graduação em Design – PPGDG e aos demais professores do PPGDG, que estiveram presentes nessa longa jornada de estudos. Agradeço-lhes pelos conhecimentos compartilhados ao longo do mestrado.

Aos membros da banca por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho e contribuir com ponderações e sugestões para pesquisas futuras.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo auxílio financeiro, possibilitando minha dedicação na pesquisa.

Aos professores Bruno Serviliano e Márcio Guimarães por terem me ajudado e, escutado: pela paciência e compreensão em momentos difíceis nos quais eu me encontrava; por compartilhar seus conhecimentos em diferentes assuntos comigo e, principalmente, por acreditar em meu potencial como profissional.

Aos meus amigos do mestrado, turma 2017-2019 pelo companheirismo e apoio, em especial a Mauro Reis, Samuel Silva, Paula Maia e Julyana Lima pelo apoio nas lutas diárias.

À minha professora de dança do ventre Deise Costa, e as meninas da dança que me ajudaram a abstrair dos problemas enfrentados por mim no mestrado.

À Emyla May, Ilmarana Ribeiro, Eugênia Batista e Lady Débora pelo apoio emocional, pela força, pelas distrações, pelo companheirismo e pela amizade sincera.

À minha cadela Mel, por me proporcionar momentos felizes ao seu lado.

Aos meus alunos de pintura do Hospital Aldenora Belo, por cada sorriso que me foi dado durante as oficinas de pintura, pela força e exemplo de superação que todos me deram nesse trabalho voluntário.

Aos amigos do graffiti Carol Calado, Fabio Graf, Gil Peniel, Gudo Soares e ao “Vírus Urbano Crew” pela força, confiança e aprendizado.

Aos meus primos paraenses Danielle Lobato, Denise Lobato e Diego Lobato pelo carinho, confiança, apoio, por todos os momentos compartilhados.

Infelizmente não tem como eu agradecer a todos aqui, agradeço a todos que me ajudaram direta e indiretamente nessa fase da minha vida. *Arigatou* (obrigada).

*“Não importa o que aconteça, continue a nadar.”*  
(WLATERS, GRAHAM; **PROCURANDO NEMO**, 2003)



## RESUMO

Atualmente, buscam-se medidas que minimizem os impactos na natureza, principalmente no que se refere ao descarte dos resíduos sólidos. O design também vem desenvolvendo pesquisas relacionadas à sustentabilidade, bem como no desenvolvimento de novos materiais. A presente pesquisa visa avaliar a possibilidade do desenvolvimento de vidrados cerâmicos incorporando os resíduos sólidos (vidros, rocha e lama vermelha) em fundentes comerciais, analisando a viabilidade desses vidrados serem queimadas a baixas temperaturas em forno elétrico. Esta pesquisa pode possibilitar aos ceramistas uma melhor resistência mecânica e melhor acabamento, gerando possibilidades de aperfeiçoamento das peças cerâmicas, visando contribuir para aspectos sociais, culturais e econômicos. A metodologia foi composta pelas etapas de preparação do esmalte, sinterização em diferentes temperaturas, teste do botão de escorrimto, resistência à flexão, testes de pintura (imersão, pincel e pistola), queima no forno elétrico e análise visual. O teste de botão de escorrimto mostrou que as composições com o FTA (sem resíduo) escorrem mais, recomendando-se seu uso na temperatura de 900 °C, inclusive com resíduo, pois aumenta a viscosidade do vidrado, no entanto, o teste de resistência à flexão mostrou que o FTA é mais resistente na temperatura de 950 °C, quanto a técnica de pintura, a com pincel foi a que mostrou os melhores resultados. Esta pesquisa resultou no desenvolvimento de sete paletas de cores totalizando 125 vidrados/esmaltes desenvolvidos com resíduos sólidos (vidro, rocha e lama vermelha), com variação de cores, texturas, brilho e boa cobertura no forno elétrico nas temperaturas de 900 °C e 950 °C.

Palavras-chaves: Design; Resíduos sólidos; Vidrado cerâmico

## ABSTRACT

Currently, measures are sought to minimize impacts on nature, especially with regard to solid waste disposal. Design has also been developing research related to sustainability, as well as developing new materials. This research aims to evaluate the possibility of the development of ceramic glazes incorporating solid residues (glass, rock and red mud) in commercial fluxes, analyzing the viability of these glazes to be burned at low temperatures in an electric oven. This research can enable ceramists a better mechanical resistance and better finishing, generating possibilities of improvement of ceramic pieces, aiming to contribute to social, cultural and economic aspects. The methodology was composed by the steps of enamel preparation, sintering at different temperatures, sliding button test, flexural strength, painting tests (dipping, brush and gun), electric oven firing and visual analysis. The push button test showed that the compositions with FTA (without residue) drain more, and its use is recommended at a temperature of 900 °C, including with residue, because it increases the viscosity of the glaze, however, the resistance test. The flexure showed that the FTA is more resistant at 950 °C, while the painting technique was the one with the brush that showed the best results. This research resulted in the development of seven color palettes totaling 125 glazes / enamels developed with solid residues (glass, rock and red mud), with varying colors, textures, gloss and good coverage in the electric oven at temperatures of 900 °C and 950 °C.

*Keywords: Design; Solid wastes; Ceramic glaze*

## LISTA DE QUADROS

Quadro1 – Conceitos de lixo, resíduo e sobra.....	34
Quadro 2 – Classificação de resíduos e suas características.....	36
Quadro 3 – Tipos de resíduos utilizados no desenvolvimento vidrados e esmaltes cerâmicos por diferentes pesquisadores.....	40
Quadro 4 – Classificação das rochas quanto a origem, conforme a NBR 15012:2003.....	43
Quadro 5 – Equipamentos e finalidades.....	48

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lagoa de disposição da lama vermelha do Consórcio de alumínio do Maranhão ALUMAR.....	45
Figura 2 – Garrafas de vidros coloridos.....	50
Figura 3 – Rochas sedimentares selecionadas para a pesquisa.....	50
Figura 4 – Lama vermelha.....	51
Figura 5 – (A) - Fundente Transparente Alcalino .....	52
Figura 5 – (B) - Branco Brilhante Alcalino.....	52
Figura 6 – CMC .....	52
Figura 7 – Etapas metodológicas.....	53
Figura 8 – (A) - Massa sendo batida para eliminação de bolhas .....	55
Figura 8 – (B) - Confeção da placa.....	55
Figura 8 – (C) - Corte das placas para teste.....	55
Figura 9 – Pastilhas em processo de secagem.....	55
Figura 10 – Pastilhas no forno para serem queimadas à 980 °C.....	56
Figura 11 – (A) - Vidro âmbar sendo socado no pilão.....	56
Figura 11 – (B) - Vidro verde sendo peneirado para obtenção do pó.....	56
Figura 12 – Materiais em pó sendo medidos na balança de precisão.....	65
Figura 13 – O teste do botão de escorrimento.....	66
Figura 14 – Placa cerâmica com as composições pintadas para o teste de botão de escorrimento.....	68
Figura 15 – A placa pintada pronta para sinterização de 900 °C no ângulo de 45° .....	68
Figura 16 – Teste de Ruptura à flexão de 3 pontos.....	69
Figura 17 – Corpos de prova pintados .....	71
Figura 18 – Corpos de prova após a queima .....	71
Figura 19 – (A) - Imergindo a peça no óxido Transparente fundente .....	72
Figura 19 – (B) - Peça cerâmica após a imersão.....	72
Figura 20 – (A) – Peça cerâmica sendo riscada com lápis para que não haja contato entre os óxidos .....	73
Figura 20 – (B) – Peça cerâmica sendo pintada com o óxido na tonalidade de Tangerina.....	73
Figura 21 – Peça cerâmica sendo pintada com pistola.....	73
Figura 22 – Pastilhas cerâmicas após sinterização de 980 °C.....	75
Figura 23 – (A) - Pó de vidro verde .....	76

Figura 23 – (B) – Pó de vidro azul .....	76
Figura 23 – (C) Pó de vidro âmbar.....	76
Figura 24 – (A) - Pó de rochas .....	76
Figura 24 – (B) – Pó de lama vermelha.....	76
Figura 25 – As pastilhas pintadas com composições com variação do pó de vidro verde.....	77
Figura 26 – Vidrados com pó de vidro verde queimados à temperatura de 900° C.....	78
Figura 27 – Vidrados com pó de vidro verde queimados à temperatura de 950° C.....	79
Figura 28 – Vidrados com vidro azul queimados à temperatura de 900 °C.....	80
Figura 29 – (A) – Vidrados da composição TA30A.....	80
Figura 29 – (B) – Vidrados da composição TA50A.....	80
Figura 30 – Composições com vidro azul queimados à temperatura de 950 °C.....	81
Figura 31 – Vidrados com vidro âmbar queimados à temperatura de 900 °C .....	82
Figura 32 – Vidrados com vidro âmbar queimados à temperatura de 950 °C.....	83
Figura 33 – Peças pintadas dentro do forno elétrico.....	84
Figura 34 – Vidrados após sinterização de 950 °C.....	85
Figura 35 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R) .....	86
Figura 35 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C .....	86
Figura 36 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R) .....	86
Figura 36 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C.....	86
Figura 37 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L) .....	87
Figura 37 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C....	87
Figura 38 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L MB3) .....	88
Figura 38 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C.	88
Figura 39 – (A) – Peças cerâmicas pintadas com as composições (BA70A20L e TA70A2OL) e (BA70A e FA70A) .....	89
Figura 39 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C .....	89
Figura 40 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições BA70A20L e TA70A2OL) .....	90

Figura 40 – (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C .....	90
Figura 41 – Peças cerâmicas após pintura com as composições com resíduos de rocha com os fundentes do BA e as composições com resíduos de rocha com os fundentes do TA.....	91
Figura 42 – Vidrados após sinterização de 950 °C das composições de as composições com resíduos de rocha com os fundentes do BA e as composições com resíduos de rocha com os fundentes do TA.....	91
Figura 43 – Resultado do botão de escorrimento na temperatura de 900 °C.....	92
Figura 44 – Teste de escorrimento dos esmaltes BBA e FTA.....	93
Figura 45 – Resultado do botão de escorrimento na temperatura de 950 °C.....	94
Figura 46 – As composições BBA e FTA submetidas ao teste de escorrimento na temperatura de 950 °C.....	94
Figura 47 – Os vidrados das composições BA70A20L, BA20Am10R e o TA70Am30L.....	95
Figura 48 – Os corpos de prova submetidos ao teste de flexão.....	96
Figura 49 – (A) – Imergindo a carranca na composição TA70V.....	98
Figura 49 – (B) – Carranca após a imersão.....	98
Figura 50 – (A) – Revestimento cerâmico sendo pintado com BA70A ...	99
Figura 50 – (B) – Revestimento após pintura, pronto para ir ao forno.....	99
Figura 51 – Vaso cerâmico sendo pintado com pistola.....	100
Figura 52 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 900 °C.....	111
Figura 53 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado com contração na temperatura de 900 °C.....	112
Figura 54 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 950 °C.....	113
Figura 55 – Paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 900 °C.....	114
Figura 56 – Paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 950 °C.....	115
Figura 57 – Paleta de cores dos vidrados com textura rugosa na temperatura de 950 °C.....	116
Figura 58 – Paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 900 °C.....	116
Figura 59 – Paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 950 °C.....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composições dos fundentes .....	57
Tabela 2 – Os percentuais das composições com adição de pó de vidro..	58
Tabela 3 – Os códigos dos resíduos.....	58
Tabela 4 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro verde.....	59
Tabela 5 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro azul.....	59
Tabela 6 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro âmbar.....	60
Tabela 7 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro verde.....	60
Tabela 8 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro azul.....	61
Tabela 9 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro âmbar.....	61
Tabela 10 – Composições dos esmaltes BBA e do FTA com variações do pó de vidro e pó de rocha.....	62
Tabela 11 – A composição BA20V10R com adição do resíduo de pó de rocha.....	63
Tabela 12 – Os códigos das composições BBA com resíduo de vidro e de rocha.....	63
Tabela 13 – Os códigos das composições FTA com resíduo de vidro e de rocha.....	64
Tabela 14 – O código do FTA com adição do resíduo da lama vermelha..	64
Tabela 15 – Código de BBA e FTA com adição do resíduo da lama vermelha.....	65
Tabela 16 – As composições escolhidas para o teste de botão de Escorrimento.....	67
Tabela 17 – Composições submetidos ao teste de resistência a flexão....	70
Tabela 18 – Materiais submetidos ao teste de flexão.....	97
Tabela 19 – Testes submetidos ao forno elétrico.....	101
Tabela 20 – Resultado das peças queimadas no forno elétrico.....	102
Tabela 21 – Diferenças das cores dos vidrados com resíduos de pó de vidro colorido nas temperaturas de 900 e 950° C.....	104
Tabela 22 – Diferenças das cores dos vidrados com resíduos de pó de vidro colorido nas temperaturas de 900 e 950° C.....	105
Tabela 23 – Composições queimadas utilizando pó de vidro juntamente com o pó de rocha.....	107
Tabela 24T: – Composições queimadas em diferentes temperaturas com variações de pó de rocha e lama vermelha.....	109

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileiras de Normas Técnicas
CMMAD	Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RF	Resistência a Flexão
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1	OBJETIVOS.....	24
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>24</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>24</b>
1.2	HIPÓTESES.....	24
1.2.1	<b>Variáveis</b> .....	<b>24</b>
1.3	JUSTIFICATIVA.....	25
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
2.1	DESIGN E MATERIAIS.....	27
2.2	DESIGN E SUSTENTABILIDADE.....	29
2.3	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	33
2.3.1	<b>Classificação dos resíduos</b> .....	<b>35</b>
2.3.2	<b>Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)</b> .....	<b>37</b>
2.3.3	<b>Resíduos utilizados no desenvolvimento de vidrados cerâmicos</b>	<b>39</b>
2.4	VIDROS.....	41
2.4.1	<b>Classificação dos vidros</b> .....	<b>41</b>
2.5	ROCHAS.....	42
2.6	LAMA VERMELHA.....	43
2.7	VIDRADO CERÂMICO.....	45
2.7.1	<b>Classificação dos esmaltes</b> .....	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>48</b>
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	48
3.1.1	<b>Pergunta da pesquisa</b> .....	<b>48</b>
3.2	EQUIPAMENTOS.....	48
3.3	MATERIAIS.....	49
3.3.1	<b>Resíduos</b> .....	<b>49</b>
3.3.1.1	<i>Vidros</i> .....	49
3.3.1.2	<i>Rochas</i> .....	50
3.3.1.3	<i>Lama vermelha</i> .....	51
3.3.2	<b>Fundente</b> .....	<b>51</b>
3.3.3	<b>Carboximetilcelulose (CMC)</b> .....	<b>52</b>
3.3.4	<b>Água</b> .....	<b>53</b>
3.4	MÉTODOS.....	53

3.4.1	Confecção de pastilhas cerâmicas .....	54
3.4.2	Obtenção do pó de vidro, rocha, lama vermelha .....	56
3.4.3	Composições dos vidrados com resíduos de pó de vidro.....	57
3.4.5	Composições dos vidrados com resíduos de pó de vidros.....	61
	com rocha e pó de vidro com lama vermelha .....	61
3.4.6	Preparação do esmalte .....	65
3.4.7.	Testes de queima em diferentes temperaturas .....	66
3.4.8	Teste de botão de escorrimento .....	66
3.4.9	Resistência a flexão .....	69
3.4.10	Testes de pintura.....	71
3.4.10.1	<i>Pintura por imersão</i> .....	71
3.4.10.2	<i>Pintura com pincel</i> .....	72
3.4.10.3	<i>Pintura com pistola</i> .....	73
3.4.10.4	<i>Sinterização no forno elétrico</i> .....	74
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>75</b>
4.1	CONFECÇÃO DAS PASTILHAS CERÂMICAS.....	75
4.2	OBTENÇÃO DO PÓ DE VIDRO, ROCHAS E LAMA VERMELHA .....	75
4.3	PREPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DOS VIDRADOS .....	76
4.4	TESTES DE QUEIMA EM DIFERENTES TEMPERATURAS.....	77
4.5	COMPOSIÇÕES DOS VIDRADOS COM RESÍDUOS DE PÓ DE VIDROS COM ROCHA E PÓ DE VIDRO COM LAMA VERMELHA ..	84
4.6	TESTE DE BOTÃO DE ESCORRIMENTO .....	92
4.7	RESISTÊNCIA A FLEXÃO .....	96
4.8	TESTES DE PINTURA.....	98
<b>4.8.1</b>	<b>Pintura por imersão .....</b>	<b>98</b>
<b>4.8.2</b>	<b>Pintura com pincel .....</b>	<b>99</b>
<b>4.8.3</b>	<b>Pintura com pistola .....</b>	<b>99</b>
4.9	VITRIFICAÇÃO NO FORNO ELÉTRICO .....	100
4.10	ANÁLISE VISUAL .....	104
4.11	PALETAS DE CORES .....	110
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>118</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial que a produção de bens e consumo aumentou consideravelmente em todo o mundo, contribuindo significativamente para o aumento dos resíduos sólidos descartados no meio ambiente. Contudo, no que diz respeito a essa prática de descarte, temos consciência de que existem poucas intervenções e/ou mecanismos que venham minimizar esses problemas.

Atualmente buscam-se medidas que minimizem os impactos na natureza, pois existe uma preocupação forte em relação ao descarte dos resíduos sólidos. Estes, por sua vez, quando descartados, coletados e tratados inadequadamente, de modo gradativo provocam efeitos diretos e indiretos na saúde da população e contribuem para a degradação do meio ambiente.

Segundo Granziera (2009) os resíduos são materiais e substâncias que, depois de utilizados, se não tiverem destinação adequada, podem pôr em risco as atividades que venham a ser desenvolvidas onde forem dispensados.

Nos últimos anos, tivemos algumas pesquisas relacionadas ao aproveitamento de resíduos sólidos no setor cerâmico, utilizados no desenvolvimento de fritas cerâmicas e vidrados/esmaltes, como é o caso do uso do lodo proveniente de Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos (ETE) de uma empresa fabricante de revestimentos cerâmicos, resultando no desenvolvimento de um esmalte queimado a temperatura de 1150 °C (Nandi, 2013). O uso de resíduos de lâmpadas fluorescentes, como matéria prima na obtenção de fritas cerâmicas (Mombach, et al. 2006) e o uso do resíduo gasto de cuba conhecido como SPL, proveniente da indústria de alumínio primário (Prado, et al. 2008). "Os vidrados cerâmicos são obtidos através da queima de uma frita cerâmica modificada por adições feitas durante a moagem." (SORLÍ et al, 2005, p.7).

Existem muitas pesquisas envolvendo o desenvolvimento de fritas cerâmicas, no entanto poucas pesquisas resultam na produção de um vidrado/esmalte cerâmico. "O vidrado, além de impermeabilizar o suporte cerâmico, deve possuir características técnicas e estéticas que sejam adequadas ao uso ao qual se destina o produto." (SANCHÉS, 1997, p.32). Os vidrados/esmaltes cerâmicos, melhoram tanto os aspectos físicos/químicos, quanto os aspectos estéticos das peças cerâmicas.

Temos consciência da importância dos progressos e do desenvolvimento de novos materiais, no futuro este enfoque será mais intenso, pois os recursos naturais estão se esgotando, então desenvolver novos insumos que venham substituir os naturais é primordial.

“Os avanços na área de materiais permitem avanços no design industrial, assim como o fazem com o projeto técnico – juntos, os avanços podem gerar novos comportamentos, novas experiências, novas arquiteturas.” (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 4). “A pesquisa e o desenvolvimento nessa área enfatizam processamento mais eficiente, maior controle de qualidade e métodos de fabricação mais flexíveis, em vez da busca por materiais completamente novos.” (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 10).

São fundamentais as pesquisas que focam na utilização de resíduos sólidos na composição e desenvolvimentos de novos materiais, para o design essas pesquisas são muito importantes, pois os materiais são a sua principal matéria-prima. “Assim, os avanços na área de materiais conduzem a progressos no design, que podem originar novos comportamentos, novas experiências, e designs inovadores.” (CALEGAR; OLIVEIRA, 2013, p.54).

O designer deve inserir requisitos que envolvam a sustentabilidade em seus projetos, além de pensar no descarte final do produto, este pode contribuir também em pesquisas nessa área. Manzini (2002) diz que o design pode contribuir com a sustentabilidade na medida em que são utilizados estratégias e métodos para diminuir e/ou contornar problemas de ordem social, econômica e ambiental.

Em vista dos aspectos mencionados acima, a presente pesquisa visa o desenvolvimento de vidrados cerâmicos utilizando os resíduos sólidos de vidro Sílica-cal-soda, rochas sedimentares e lama vermelha, para esses vidrados serem queimados a baixas temperaturas em forno elétrico, visando contribuir e repassar o conhecimento para os artesãos locais.

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas-SEBRAE (SEBRAE, 2014), os objetivos dos designers no que diz respeito à intervenção no artesanato são, promover o acesso às tecnologias adequadas ao aumento e melhoria da capacidade produtiva, utilizar a inovação como um dos fatores de diferenciação do produto artesanal e como fator de agregação de valor ao artesanato.

De acordo com Mills (2009, p.76) “O designer é parte da unidade da arte, da ciência e do saber. Isso, por sua vez, significa que ele partilha um valor fundamental, que é o denominador comum da arte, da ciência e do saber e também a própria raiz do desenvolvimento humano. Esse valor, eu acredito, é o artesanato.” O artesanato e o design sempre estiveram ligados, ambos trabalham no desenvolvimento de produtos sejam estes mais práticos ou mais simbólicos. Quanto ao artesanato cerâmico no Maranhão, é uma atividade que ainda resiste no tempo em meio as novas tecnologias, além de fazer parte do repertório cultural.

Portanto, o designer deve promover a qualidade dos produtos, dos territórios e dos processos de fabricação, deve apoiar a comunicação, aproximar produtores e consumidores intensificando as relações territoriais, valorizando a cultura, projetando pensando no desenvolvimento sustentável, visando o fortalecimento de micro e pequenas empresas. Para melhor compreensão sobre o assunto relacionado aos resíduos sólidos, design e vidrados foram aprofundados nos capítulos que são descritos a seguir.

A primeira parte do referencial teórico trata da relação entre design, materiais e sustentabilidade, os resíduos sólidos, sua classificação, quais as medidas que podem ser tomadas para minimizar os impactos no meio ambiente a partir da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e como estes elementos estão associados no que se refere as pesquisas que focam no aproveitamento de resíduos e sustentabilidade.

A segunda parte trata dos resíduos que irão ser utilizados nesta pesquisa, tais como vidro Sílica-cal-soda, rochas sedimentares, a lama vermelha e da classificação de cada resíduo.

No capítulo da metodologia temos a descrição dos materiais e equipamentos utilizados na pesquisa, bem como as etapas do método, com os seguintes testes (queima em temperaturas diferentes, botão de escorrimento, resistência a flexão, pintura e análise visual).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de desenvolvimento de vidrados com a incorporação de resíduos, a fim de obter vidrados que possam ser queimados à baixas temperaturas em forno elétrico.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Selecionar resíduos para os possíveis desenvolvimento de vidrados cerâmicos;
- b) Formular e desenvolver vidrados cerâmicos a partir da incorporação de um percentual dos resíduos de vidro, rocha e lama vermelha;
- c) Avaliar as técnicas de pintura e aplicação em um produto cerâmico;
- d) Avaliar as peças cerâmicas após sinterização em forno elétrico.

## 1.2 HIPÓTESES

- a) **Hipótese 1:** A incorporação de um percentual de resíduo de vidro pode contribuir para baixar a temperatura de queima do vidrado, possibilitando que este possa ser queimado em temperaturas mais baixas, contribuindo para a economia de energia na produção cerâmica.
- b) **Hipótese 2:** Os resíduos de rocha e lama vermelha podem contribuir para variedade de cores dos vidrados.

### 1.2.1 Variáveis

Diante das hipóteses surgiram as seguintes variáveis:

- a) O percentual de resíduos (vidro, rochas e lama vermelha) auxiliam na queima do vidrado em baixas temperaturas;
- b) Temperatura de queima (900 e 950 °C).

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Em relação a profissão do designer, sabemos que temos ligações diretas e indiretas com a problemática dos resíduos sólidos, tendo em vista que trabalhamos para as Indústrias. Com relação a esse assunto Cardoso (2000) diz que:

É verdade que as ameaças ambientais mais graves advêm do consumo indiscriminado de matérias-primas e do acúmulo de materiais não degradáveis descartados como lixo, então o aperfeiçoamento de sistemas de reciclagem e de reaproveitamento deve se tornar uma prioridade para o design em nível industrial. CARDOSO (2000, p. 219).

Segundo Thackara (2008), o papel do designer é importante para facilitar mudanças de hábito em nossa sociedade, onde o foco deve ser os serviços (aliado a recursos e oportunidades), e não os artefatos. Comenta que devemos pensar em soluções viáveis e eficazes. No que se refere à sustentabilidade a mudança deve partir de uma educação da sociedade, sendo o princípio e a base de tudo, a sociedade tendo a consciência da importância da sustentabilidade, está irá primar por produtos, ações e serviços sustentáveis.

“Só é possível existir a sustentabilidade ambiental em uma sociedade que promova e a sustente, a sociedade sustentável.” (MANZINI; VEZZOLI, 2002, p. 44). “Enquanto a sustentabilidade ambiental é um objetivo a ser alcançado, a sociedade sustentável é uma construção humana e, como tal, sempre modificável e em transformação.” (MANZINI; VEZZOLI, 2002, p. 45). Tais autores afirmam a importância da educação da sociedade para a sustentabilidade ambiental.

É extremamente importante para o designer conhecer o ciclo de vida do produto, para projetar artefatos que não tragam danos ao meio ambiente, preferencialmente substituindo a opção do descarte pela reciclagem ou reutilização deste em outros processos, no desenvolvimento de novos produtos industriais.

Cabe ao designer pensar cada vez mais em termos do ciclo de vida do objeto projetado, gerando que otimizem três fatores 1) uso de matérias não poluentes e de baixo consumo de energia; 2) eficiência de operação e facilidade de manutenção do produto; 3) potencial de reutilização e reciclagem após o descarte. CARDOSO (2000, p. 220).

Assim como o design permite ir além do material e criar soluções para problemas intangíveis, o mesmo pode se aprofundar em pesquisas voltadas para a composição e melhoramento dos materiais. Obtendo-se um vidrado que queime à baixa temperatura em forno elétrico, possibilita-se os ceramistas uma melhor resistência mecânica e melhor acabamento, gerando possibilidades de aperfeiçoamento das peças cerâmicas, visando contribuir para aspectos sociais, culturais e econômicos.

Os ceramistas economizarão nos materiais utilizados no desenvolvimento dos vidrados, além de proporcionar uma variação de cores que poderão ser utilizados em seus produtos cerâmicos.

Os ceramistas aos quais está pesquisa poderá contemplar são os que utilizam o forno elétrico, pois é difícil tentar queimar vidrados/esmaltes cerâmicos em forno artesanal porque não se têm controle de temperatura, gás e outros fatores que são importantes para a vitrificação do vidrado.

Tendo em vista que, a quantidade de resíduos sólidos descartados no meio ambiente vem aumentando, é fundamental se pensar em medidas que venham a utilizar esses resíduos nos processos industriais e/ou no desenvolvimento de novos produtos, principalmente quando estas pesquisas são voltadas para contribuir para os produtos locais.



## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 DESIGN E MATERIAIS**

No decorrer do tempo e com o avanço das tecnologias, os materiais sofreram mudanças tanto em suas estruturas quanto em sua funcionalidade. É interessante observar que, diante deste cenário a quantidade e tipos de materiais aumentou consideravelmente. Durante muito tempo foi bastante comum as eras históricas serem determinadas pelos tipos de materiais aos quais estes estavam no seu ápice, estes por sua vez demarcavam a evolução em que este período se encontrava, alguns exemplos são a Idade da Pedra, do Bronze, do Ouro, dentre outros. Os autores Ashby e Johnson (2010) enfatizam essa importância dos materiais nesses períodos históricos e consideram que os materiais são a matéria-prima do design.

O desenvolvimento da humanidade está vinculado aos materiais, por isso é imprescindível que o campo do design estimule estudos nessa área em prol de melhorias na sociedade atual.

A maioria dos materiais que são considerados modernos hoje, nasceram no início do século 20, foram desenvolvidos principalmente em pesquisas por engenheiros, metalúrgicos, químicos e cientistas (BEYLERIAN; DENT, 2007 apud CALEGAR; OLIVEIRA, 2013, p.50). As pesquisas desenvolvidas na área de materiais, seja com intuito de melhorar as propriedades tecnológicas ou no desenvolvimento de novos materiais e produtos, é muito importante para a área do design.

Os avanços tecnológicos no âmbito de materiais acarretam avanços relacionados à configuração de novos processos, resultando em novas concepções de projetos e metodologias no design, permitindo melhorias na função prática do produto ou possibilitando a criação de meios para que o design melhore as funções intangíveis (DIAS, 2009). Assim como o design permite ir além do material e criar soluções para problemas intangíveis, o mesmo pode se aprofundar em pesquisas voltadas para a composição e aperfeiçoamento dos materiais, especialmente quando este é um requisito projetual do produto a qual venha a ser projetado.

“Assim, os avanços na área de materiais conduzem a progressos no design, que podem originar novos comportamentos, novas experiências, e designs inovadores.” (CALEGAR; OLIVEIRA, 2013, p.54).

Para Ashby e Johnson (2011) a partir da ciência e tecnologia podem surgir novos processos e materiais que incitam novas oportunidades para o design de produto.

Vivemos em um mundo de materiais. São os materiais que dão substância a tudo que vemos e tocamos. Nossa espécie – Homo sapiens – é diferente das outras, talvez mais significativamente pela habilidade de projetar – produzir “coisas” a partir de materiais – e pela capacidade de enxergar mais em um objeto do que apenas a sua aparência. Objetos podem ter significado, despertar associações ou ser signos de ideias mais abstratas. Objetos projetados, tanto simbólicos quanto utilitários, precedem qualquer linguagem registrada - e nos dão a mais antiga evidência de uma sociedade cultural e do raciocínio simbólico. (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 3).

Os materiais estão presentes em tudo, com eles projetamos produtos aos quais, transmitimos sentimentos, por meio de suas texturas transmitimos sensações, dentre outros fatores, está tanto relacionada com a parte emocional quanto com a parte prática e simbólica. “A utilização estratégica de materiais é um dos mais influentes meios de que os designers podem valer-se para comunicar e criar conexões emotivas entre os produtos e seus usuários” (DIAS, 2009, p. 2).

Os materiais possuem significados que são percebidos tanto por designers como por usuários. Porém, o tipo de material e a forma como o designer irá empregar o material em um produto, implicará na sua personalidade, e por consequência, na percepção dos usuários. Tanto os significados dos materiais, quanto a personalidade dos produtos, dependem do contexto cultural em que são utilizados. Assim, o emprego de materiais no design de produto precisa ser fundamentado também pela cultura, para que os designers consigam atender as necessidades do público-alvo do produto. (CALEGAR; OLIVEIRA, 2013 p.57).

No artesanato a relação com os materiais é mais profunda, a parte simbólica e emocional são os elementos mais utilizados pelos artesãos em seus produtos culturais. “Os produtos culturais são projetados e produzidos para sustentar as práticas sociais vigentes, podendo também contribuir para a transformação e reelaboração simbólica destas mesmas práticas” (SANTOS, 2005, p. 15).

A Revolução Industrial proporcionou transformações significativas no que se refere a produção, consumo e descarte dos produtos, principalmente a relação que o consumidor tem com o produto, isso implica mudança na esfera cultural, social e econômica, intensificando o surgimento de diversos materiais para a produção de produtos. Nesse período de aceleração da produção, “o design impulsionou à necessidade de criação de produtos e o planejamento da produção com base no desenvolvimento em série.” (CALEGAR; OLIVEIRA, 2013).

“A preocupação com a minimização do impacto ecológico provocado pela engenharia de produtos aumenta a conscientização em relação ao projeto voltado para a sustentabilidade.” (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 9). Neste âmbito, o design pode contribuir com a sustentabilidade na medida em que são utilizados estratégias e métodos para diminuir e/ou contornar problemas de ordem social, econômico e ambiental. (CALEGAR; OLIVEIRA, 2013, p.55).

Por isso se fazem necessários estudos voltados aos materiais com menor impacto ao meio ambiente e/ou projetos que venham a atender essa demanda.

## 2.2 DESIGN E SUSTENTABILIDADE

O homem vem evoluindo com o passar dos anos, e gradativamente junto com essa evolução, vêm os avanços tecnológicos. A revolução industrial, que veio carregando consigo, mudanças no comportamento dos consumidores, contribuindo para o consumo exacerbado. Com isso, vêm crescendo significativamente a quantidade dos produtos industriais e conseqüentemente o aumento dos resíduos sólidos descartados pelos mesmos. O resíduo é um produto inevitável de qualquer ciclo de vida e de consumo. Jogar fora seus resíduos é, conseqüentemente, um gesto cotidiano (PELTIER; SAPORTA, 2009, p.12).

No entanto, é importante observar que, os resíduos sólidos sempre existiram desde os primórdios da humanidade, contudo eram produtos de origem natural. “Os homens pré-históricos jogavam fora os restos de comida no mesmo lugar em que comiam. Tais resíduos decompunham-se naturalmente na natureza.” (PELTIER; SAPORTA, 2009, p.12).

Contudo com o aumento da expectativa de vida conseqüentemente o crescimento da população, contribuiu para a ampliação da produção e o consumo de produtos com novos materiais aos quais não se decompunham no meio ambiente.

A população aumenta impulsionada pelo *baby-boom*, a expectativa de vida aumenta e, a partir de 1963, o advento da grande distribuição contribui para multiplicar de modo considerável a quantidade de embalagens postas no mercado e, conseqüentemente, o volume de resíduos jogados na lata de lixo. O fenômeno ainda vai se ampliar com o aparecimento das primeiras embalagens plásticas, como a garrafa de óleo Lesieur, de Policloreto de Vinila (PVC), desenvolvida em 1962; e, depois, com a garrafa de água Vittel, em 1968. (PELTIER; SAPORTA, 2009, p.16).

A quantidade de resíduos gerados pelos materiais (polímeros, alumínio, vidros etc) que não se desintegram no meio ambiente vêm aumentando consideravelmente no decorrer do tempo, embora existam alguns sistemas que retornam os produtos para as indústrias, como o caso das garrafas de vidro retornáveis, outro fator que contribuiu para o aumento de resíduos são os produtos com obsolescência.

“A miscigenação da tecnologia e da aceleração artificial dos desejos do consumidor, fizeram nascer a sombria dupla *estilo e obsolescência*” (PAPANÉK, 1971, p. 87). “O consumidor quer sempre o mais novo, o mais rápido e o mais avançado por definição, sem perguntar se existe necessidade real de se manter na crista do progresso tecnológico.” (CARDOSO, 2000, p. 221). Quando se projeta produtos que têm um período relativamente curto em relação à moda ou status social, o tempo de descarte desse produto é muito rápido. A aceitação rápida dos consumidores em relação a qualquer coisa nova ou diferente estimulou a produção da indústria, contribuindo para o consumo desenfreado, resultando no aumento significativo dos resíduos sólidos.

Os problemas gerados pelo consumismo desenfreado e a conseqüente geração insustentável de resíduos atingem a humanidade há algumas décadas. No entanto, somente no século XX e início do século XXI, o impacto do ser humano no meio ambiente se torna mais reconhecido e debatido pela sociedade de uma forma geral. (RIBEIRO; MORELLI, 2009, p.3).

Os problemas relacionados ao consumo e descarte dos produtos com relação a sustentabilidade, também vêm sendo debatida no campo do design, tendo em vista que, os projetos de design devem envolver aspectos sociais, econômicos, culturais e de sustentabilidade. Manzini e Vezzoli (2008)

conceituam a profissão do designer como a sintetização de um conjunto de atividades, que tendem a buscar meios de suprimir os problemas das questões ambientais, partindo do redesenho dos produtos.

Em virtude da preocupação com a questão da sustentabilidade surgiu o ecodesign. Para Manzini e Vezzoli (2008) o ecodesign é um modelo projetual ou de projeto (design) orientado por critérios ecológicos. Incluem o projeto territorial, além dos projetos gráficos, arquitetônicos e de bens de consumo, os quais possibilitam a inter-relação entre ecologia e o design em suas diversas articulações de forma a estender conceitos à problemática ambiental.

Para Ashby e Johnson (2011), em relação à sustentabilidade, o meio ambiente e o desenvolvimento de produtos, é necessário

Projetar respeitando o meio ambiente, geralmente, é interpretado como o esforço para ajustar o processo projetual em design de modo a corrigir a já conhecida e mensurável degradação ambiental. A escala temporal desse modo de pensar é de dez anos aproximadamente, expectativa de vida de um produto. A preocupação com a sustentabilidade vai além: a adaptação de em estilo de vida que atenda às necessidades presentes sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Nesse caso, a escala temporal é mais longa-talvez 50 anos no futuro. (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 12).

Projetar pensando no futuro é um dos grandes desafios do Design, principalmente no que se refere as questões voltadas para sustentabilidade. Contudo, deve ser uma prática mais presente no desenvolvimento dos produtos e/ou projetos que venham a ser executados.

Manzini e Vezzoli (2002) enfatizam o desenvolvimento do design para a sustentabilidade significa

Promover a capacidade do sistema produtivo em proporcionar o bem-estar utilizando uma quantidade de recursos ambientais inferior aos níveis atualmente praticados. Assim, os autores enfatizam que “o design para a sustentabilidade pode ser reconhecido como uma espécie de design estratégico. (MANZINI; VEZZOLI, 2002, p. 23).

Segundo os autores, o *design para a sustentabilidade* pode ser reconhecido como uma espécie de **design estratégico** a partir do momento que as empresas começarem a fazer uso de aspectos que envolvam a sustentabilidade seja ela, (econômica, ecológica, social etc), elas estão fazendo uso do design estratégico, portanto, os requisitos da sustentabilidade ambiental, também pode ser considerado uma dessas estratégias usadas pelas empresas.

Manzini e Vezzoli (2008) enfatizam o design para a sustentabilidade, sendo sua metodologia conhecida como *Life Cycle Design* (LCD) sendo definida

a concepção de produtos em que durante todas as suas fases de projeto são consideradas as possíveis implicações ambientais ligadas ao seu ciclo de vida, procurando reduzir possíveis impactos ambientais.

“O objetivo do LCD é o de reduzir a carga ambiental associada a todo o ciclo de vida de um produto, em que os *inputs* de materiais e de energia bem como o impacto de todas as emissões e refugos sejam reduzidos ao mínimo possível, seja em termos quantitativos, ponderando assim a nocividade de seus efeitos.” (MANZINI; VEZZOLI, 2002, p. 100). Os autores também mencionam que no futuro, um dos requisitos para o desenvolvimento de novos produtos será projetar o LCD.

O LCD são medidas tomadas durante as fases do desenvolvimento de um produto, resultando em menos impactos causados ao meio ambiente, mas essas medidas também estão relacionadas a economia tanto dos materiais quanto de energia que se gasta para produzir, essa filosofia também encontra-se presente no conceito de desenvolvimento sustentável.

A definição que melhor identifica o Desenvolvimento Sustentável é o da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD, criada pelas Nações Unidas com o objetivo de discutir e propor meios de harmonizar o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, a qual propõe que o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, sendo assim o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (CMMAD, 1991).

A partir disto, o conceito de sustentabilidade ficou cada vez mais em evidência, sendo ponto chave de discussões no mundo inteiro sobre a criação de soluções práticas que visem tais objetivos em prol de um desenvolvimento sustentável que seja consequência do trabalho conjunto entre desenvolvimento econômico, social e da preservação do meio ambiente (BARBOSA, 2008).

Para Cavalcante (2003), sustentabilidade é a possibilidade de se obter continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema. Ainda para o mesmo autor as inúmeras discussões sobre desenvolvimento sustentável demonstram que a sociedade tem aceitado a ideia de que é necessário repensar o progresso

material e o consumo, antes visto como ilimitado, preocupando-se com o futuro através de noções de sustentabilidade.

Tais noções são definidas por Sachs (2000) discriminando a sustentabilidade em cinco aspectos:

- a) **Sustentabilidade ecológica:** se refere ao processo de crescimento das atividades produtivas com objetivo no uso consciente e manutenção dos recursos naturais.
- b) **Sustentabilidade ambiental:** se refere às ações do ser humano e a capacidade de recomposição dos ecossistemas.
- c) **Sustentabilidade social:** se refere às questões políticas que possam fornecer de forma igual à sociedade, saúde, educação, habitação e segurança social.
- d) **Sustentabilidade política:** se refere às noções de cidadania que garantem a inclusão dos indivíduos no processo de desenvolvimento.
- e) **Sustentabilidade econômica:** se refere aos investimentos públicos e privados de recursos em geral que garantam processos macrossociais eficientes.

Em virtude de todo esse processo resultante da revolução industrial, na medida que a população consome os produtos, a indústria, para atender a demanda, também aumenta a sua produção. Ao final de todo esse processo as consequências são o aumento da quantidade de resíduos e lixo gerados tanto pelas indústrias quanto pelo consumidor.

### 2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Quando se trata de resíduos sólidos, existem alguns autores e normas técnicas que conceituam sob vários aspectos, de modo geral eles são provenientes de atividades humanas, sejam elas industriais ou domésticas.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), no Art 3º, XVI os resíduos sólidos são conceituados como sendo um:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõem proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou de corpos d'água, ou exijam para isso

soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p.1).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução n.º 5/93, artigo 1º, os resíduos podem resultar de atividades da comunidade de origem Industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Em relação aos resíduos sólidos domésticos, especificamente, Ferreira (2006) afirma que os principais componentes são restos alimentares, papel, vidro, pano, madeira, metal, osso e materiais ociosos gerados pelas atividades cotidianas dos lares.

De acordo com a NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conceitua os resíduos sólidos como aqueles

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

É importante observar que, existem diferenciações entre lixo e resíduo, por isso é muito importante conceituar e diferenciar o lixo, os resíduos e as sobras.

Quadro 1 – Conceitos de lixo, resíduo e sobra

<b>Nome</b>	<b>Conceito</b>
<b>Lixo</b>	Aquilo que se varre para tornar limpa uma casa, rua, jardim, etc. [...] Restos de cozinha e refugos de todas as espécies [...] que ocorrem em uma casa. Imundice, sujidade. Escória, ralé.
<b>Resíduo</b>	Que resta; restante, remanescente. Aquilo que resta, que subsiste de coisa desaparecida. [...] Cinzas após ignição. Substancia que depois de uma operação química ou uma destilação; resto, sobra. O que se acha no fundo. Fezes, borra, sedimento.
<b>Sobra</b>	Ação ou efeito de sobrar. O que sobrou; sobejo, resto. O que fica depois de tirado o necessário; abundancia, superabundância, fartura.

Fonte: WEISZFLOG, 2002.



De acordo com o conceito do Dicionário online Michaelis (2010), o lixo é considerado algo sem valor, sem qualquer utilidade. O lixo possui origem específica, provenientes de “atividades cotidianas do homem” e não pode mais ser reaproveitado em outro processo produtivo. Por outro lado, as sobras e os resíduos, possuem conceitos semelhantes. Observa-se que ambos são aquilo que resta sem especificação de origem, contudo em condições físicas de serem reutilizados, resumindo, o lixo não pode ser reutilizado e o resíduo pode ser reutilizado.

Por muito tempo, tanto o lixo quanto o resíduo, não tiveram destinação adequada, mantendo esta realidade até os dias atuais e, como consequência, é possível ver a somatória de diversos prejuízos ao planeta, como a intensa poluição das águas, o esgotamento de recursos minerais, a extinção da flora e da fauna, a poluição da atmosfera, entre outros. (PÁDUA; MATALLO, 2008).

É importante identificar como os resíduos são classificados, para melhor compreender quais resíduos podem ser utilizados em estudos que envolvem o desenvolvimento destes em processos industriais, no caso específico o desenvolvimento de fritas cerâmicas.

### **2.3.1 Classificação dos resíduos**

“Existem várias formas de classificar os diversos tipos de resíduos sólidos existentes. Algumas delas são conflitantes, mas a grande maioria caminha para um senso comum, sofrendo pequenas alterações em função de conceitos próprios dos diversos autores.” (RIBEIRO et al, 2009, p.19). Dentre as várias formas de se classificar os tipos de resíduos, as mais comuns são pela origem, pela composição química e pelas características físicas.

Segundo a ABNT, em sua NBR 10004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos por meio da identificação do processo, de seus constituintes e características, da sua comparação de listagens de resíduos e substâncias de impacto já conhecidos. Os resíduos sólidos são classificados em: Resíduos classe I – perigosos; Resíduos classe II – não inertes ou inertes. Conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação de resíduos e suas características

RESÍDUOS	CLASSIFICAÇÃO	
<b>Resíduos classe I</b>	<b>Perigosos</b>	Resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos diversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Exemplos: resíduos industriais, agrícolas, hospitalares, tais como, seringas, agulhas, etc.
<b>Resíduos classe II</b>	<b>Não perigosos</b>	
	A - Não inertes	[...] podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade, ou solubilidade em água. Estes resíduos podem ser de origem domiciliar, industrial, hospitalar.
	B – Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetido a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme a ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados e concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto cor, turbidez, dureza e sabor. São os resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo [...]. Exemplos, óleos, agrotóxicos, resíduo de construção e demolição, solos e rochas provenientes de escavações, vidros, certos plásticos e borrachas que não são facilmente decompostos. etc..

Fonte: ABNT, 2004.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) descreve diversos conceitos relativos as práticas ambientais, mas também propõe hábitos de como se deve proceder com este material, práticas que incentivam e propõe destinação adequada aos resíduos.

### **2.3.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**

Nos últimos anos, a necessidade de proteção ambiental levou a uma regulamentação dos resíduos, visando a sua destinação segura em aterros, introduziu os resíduos na agenda da pesquisa e vem aumentando significativamente os custos de deposição legal dos resíduos (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

No Brasil existe uma PNRS regulamentada na Lei 12.305/2010 através do decreto nº 7.404 publicado em dezembro de 2010, a qual estabelece meios para que o país enfrente problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do direcionamento inadequado dos resíduos pelos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, os cidadãos e os responsáveis pelo manejo (coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final). Envolve os resíduos sólidos urbanos e o ciclo de vida do produto baseado na logística reversa e embalagens pós-consumo (RIBEIRO, 2013).

Entre os princípios da PNRS estão a ecoeficiência, definida como a manutenção da produção mediante o equilíbrio entre o fornecimento, os preços competitivos de bens e serviços a fim de satisfazer as necessidades humanas, proporcionando qualidade de vida e a redução do impacto ambiental através do consumo dos recursos naturais equivalente à capacidade do planeta de se renovar. (BRASIL, 2010).

Natume e San't Anna (2011) citam que a lei também é direcionada aos consumidores finais que devem seguir as regras estabelecidas para o acondicionamento adequado dos resíduos, para o encaminhamento sempre que possível pelo sistema de logística reversa e a coleta seletiva com separação prévia dos resíduos, caso seja disponível pelo serviço público de limpeza urbana.

A Lei nº 12.305/ 10 em seu Art 9º, diz que ao fazer a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, deve-se seguir o seguinte ordenamento hierárquico prioritário:

- 1º- Não gerar resíduos sólidos;
- 2º- Reduzir a quantidade dos resíduos gerados;
- 3º- Fazer a reutilização dos resíduos;
- 4º- Fazer a reciclagem dos resíduos;
- 5º- Realizar o tratamento dos resíduos sólidos;
- 6º- Realizar o descarte adequado sob o aspecto ambiental.

Referindo-se a lei, que orienta em seu Art 3º, VII e VIII, formas adequadas de destinação dos resíduos como a “reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes”. Quando este não for possível de encaixar em uma das categorias citadas acima, sugere-se que os resíduos sejam colocados em aterros.

Estas grandes quantidades de resíduos gerados, bem como leis que não punem exemplarmente os geradores que não os gerenciam eficazmente, constituem-se num dos geradores problemas da sociedade moderna. Portanto, devem ser tomadas medidas que transformem estes resíduos reutilizáveis. (RIBEIRO; MORELLI 2009, p.3).

“O maior potencial de melhoria encontra-se no exame da utilização e do descarte, e não da fabricação. Aumentar a vida útil de produtos que consomem energia, em particular daqueles que utilizam tecnologia que está mudando rapidamente, pode ser contra produtivo. E, se a vida útil do produto é curta, reutiliza-los ou recicla-los oferece ganhos particularmente grandes.” (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 71). Muitas indústrias estão utilizando resíduos sólidos no desenvolvimento novos produtos, ou como matéria-prima na composição de materiais, principalmente quando o descarte desse resíduo é feito de maneira inadequada, deve-se pensar na reutilização desses resíduos.

Em um dos seus artigos (Cagliari et al 2008) menciona sobre a simbiose industrial e como ela pode ser utilizada na redução dos resíduos sólidos provenientes dos setores industriais, das residências e demais atividades. De acordo com Veiga e Veiga (2005), a simbiose industrial vem sendo adotada em vários países como alternativa de solução para evitar a geração dos resíduos e como um instrumento de gestão ambiental para promoção do desenvolvimento sustentável, visto que busca integrar as atividades econômicas com o meio ambiente e com o bem-estar da comunidade, resultando em benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Cagliari et al (2008) falam que, do ponto de vista socioambiental, a implantação de programas que visam à redução da geração de resíduos e a redução do consumo de matérias-primas, insumos e energia, colaboram para o melhoramento e a manutenção da qualidade do ambiente, através da redução dos impactos ambientais associados. A preocupação das indústrias com o meio ambiente e as restrições impostas pela legislação nacional, fazem com que os

empreendedores invistam cada vez mais em questões ambientais como, por exemplo, mecanismos de tratamento e disposição final adequada para cada tipo de resíduo ou até mesmo em relação à não-geração desses resíduos.

### **2.3.3 Resíduos utilizados no desenvolvimento de vidrados cerâmicos**

É crescente a quantidade de pesquisas relacionadas ao aproveitamento de resíduos sólidos, contribuindo assim para valorização do mesmo pelas indústrias. Muitas indústrias estão percebendo a importância da utilização dos resíduos tanto no que se refere a economia de materiais como na preservação do patrimônio natural.

No que se refere às pesquisas que tratam do desenvolvimento de vidrados cerâmicos utilizando resíduos sólidos foi observado que, a maioria dos resíduos utilizados como matéria-prima são originários de processos industriais. No Quadro a seguir são apresentados os tipos de resíduos utilizados no desenvolvimento fritas, vidrados/esmaltes cerâmicos por diferentes pesquisadores.

Quadro 3 – Tipos de resíduos utilizados no desenvolvimento fritas, vidrados/esmaltes cerâmicos por diferentes pesquisadores

Pesquisas realizadas no desenvolvimento de fritas e vidrados/esmaltes	Resíduos	Produto
Silva et al (2018) desenvolveu vidrados à temperatura de queima 900 °C.	Rochas ornamentais 	Vidrados cerâmicos 
Correia (2015) desenvolveu fritas à temperatura de 1200 °C.	Areia de fundição 	Fritas cerâmicas 
Nandi (2013) desenvolveu esmalte à temperatura de queima 1150 °C.	Lodo cerâmico 	Esmalte cerâmico 
Mombach (2007) desenvolveu fritas à temperatura de 1000 °C.	Lâmpadas fluorescentes 	Fritas cerâmicas 

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Em vista dos aspectos mencionados observou-se que, as pesquisas que tratam do desenvolvimento de fritas, vidrados cerâmicos utilizando os resíduos sólidos. Nesse enfoque, é possível constatar que se torna relevante o avanço de estudos que tratem do tema ora proposto, que possam ampliar o estado da arte sobre o desenvolvimento de vidrados mediante incorporação de resíduos sólidos.

## 2.4 VIDROS

De acordo com Lima (2006) o vidro é uma solução mútua de óxidos inorgânicos fundidos, resfriados para uma condição rígida sem cristalização, formando uma variedade de objetos rígidos e transparentes.

Segundo (Lima 2006 apud Mano, 1991) “os vidros são substâncias inorgânicas consideradas como líquidos super-resfriados; são misturas estáveis, extremamente viscosas, compostas de óxidos metálicos, geralmente de silício, sódio e cálcio, que se comportam como sólidos à temperatura ambiente.

### 2.4.1 Classificação dos vidros

Diante das variações de vidros que dispõe o mercado, é importante classifica-los para identificar as propriedades tecnológicas e os possíveis usos. De acordo com (Lima, 2006, p.130) os vidros se classificam em:

- a) **Boro - silicato:** Apresenta boa resistência mecânica, elétrica, química e altas temperaturas sendo largamente usado para fabricação de isolantes elétricos, objetos em vidro para laboratórios, vidros de medição, utensílios domésticos resistentes a choques térmicos como o pirex etc;
- b) **Vidro ao chumbo:** A quantidade de óxido de chumbo pode atingir proporções em torno de 90% para obtenção de vidros destinados a aplicações em campos radioativos. Este tipo de vidro é utilizado para a fabricação de cristais, tubos de termômetros, tubos de lâmpadas néon e fluorescente, tubos de televisão, peças artísticas etc.;
- c) **Sílica-cal-soda:** Por ser fácil de fundir e moldar, este tipo de vidro é destinado a obtenção de peças/produtos de uso geral como vidros planos- para construção civil e indústria automobilística, garrafas e embalagens em geral - potes e frascos, eletrodomésticos e bulbos de lâmpadas comuns;
- d) **Fibra de vidro:** Material estável quanto à umidade do ar isento de álcalis em sua composição empregada praticamente como material

de reforço de materiais termoplásticos e termofixos formando com estes um material chamado composto.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram escolhidos os resíduos do vidro Sílica-cal-soda, são provenientes de potes, frascos, garrafas, etc. pode contribuir para abaixar a temperatura de fusão, desse modo pode auxiliar na sinterização dos vidrados em baixas temperaturas, pois a fusão da sílica pura inicia em temperaturas elevadas, além da variação de cores, onde pode ajudar nos estudos relacionados a pigmentação dos vidrados.

Em relação a utilização do resíduo de sílica-cal-soda em outros processos industriais o Peltier e Saporta (2009), diz que

O vidro é um material que, em essência, provém da areia. Seu circuito de fabricação é o mais curto que existe: diretamente do vidro em fusão no forno, nascem potes de geleia, frascos de perfume ou, ainda, garrafas de vinho conformadas a quente num molde. Como a fusão da areia começa a temperaturas muito elevadas, da ordem de 1600 °C, os vidreiros preferem adicionar vidro calcinado, originário da coleta seletiva de embalagens domésticas, que permite abaixar sensivelmente a temperatura de fusão e limita o consumo de energia. (PELTIER; SAPORTA, 2009, p.54).

De acordo com a classificação dos resíduos sólidos, os vidros Sílica-cal-soda, são classificados como resíduos de classe II – inertes conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004). Outros resíduos utilizados nesta pesquisa juntamente com o resíduo de vidros foram os resíduos de rochas e lama vermelha, estes foram utilizados no desenvolvimento de pigmentos, contribuindo para o aumento da variação cores dos vidrados.

## 2.5 ROCHAS

As rochas foram utilizadas nesta pesquisa para aumentar a variação de cores dos vidrados desenvolvidos.

Para melhor esclarecimento a cerca desse assunto, a classificação das rochas quanto a origem, rochas sedimentares, magmáticas (ígneas), metamórficas, encontram se no Quadro 4.



Quadro 4 – Classificação das rochas quanto a origem, conforme a NBR 15012:2003

<b>Rochas</b>	<b>Conceito</b>
<b>Ignéa ou Magmática</b>	Rochas formadas a partir da cristalização de líquidos magmáticos; plutônica ou intrusiva, formada por cristalização lenta no interior da crosta ou do manto; vulcânica que pode ser extrusiva ou efusiva, se resultante de cristalização rápida na superfície, de materiais expelidos por vulcões. Nos casos em que a cristalização acontece a pequenas profundidades da crosta, a rocha é subvulcânica.
<b>Metamórfica</b>	Rochas formadas por processos no interior da Terra, que provocam transformações mineralógicas e texturais nas rochas preexistentes, em função de mudanças nas condições de temperatura e pressão em presença de fluídos quimicamente ativos.
<b>Sedimentar</b>	Rochas formadas por processos de consolidação de produtos resultantes da desagregação ou de decomposição de rochas preexistentes ou, ainda de acumulação de restos orgânicos.

Fonte: ABNT, 2013.

As rochas utilizadas na composição desta pesquisa são classificadas como sedimentar. De acordo com da ABNT (2004), as rochas sedimentares são resíduos da classe II, inertes.

## 2.6 LAMA VERMELHA

A “lama vermelha” é um subproduto da indústria de refino da bauxita obtido pelo “Processo Bayer” utilizado para obtenção da alumina, que é a base para a produção do alumínio.

O alumínio é o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre e o mais abundante entre os elementos metálicos. Suas propriedades, como leveza, alta condutividade elétrica, grande resistência à corrosão e baixo ponto de fusão, permitem que seja utilizado de forma extensiva para a produção de diversos itens, tais como ligas metálicas, laminados e extrudados. (CARDOSO et al, 2011, p.44).

O alumínio é produzido comercialmente há cerca de 150 anos e, nesse período, sua indústria expandiu e está presente nos continentes da África, América do Norte, América Latina, Ásia, Europa, Oceania, e em 46 países, que produziram em 2011, cerca de 2,137 milhões de toneladas de alumínio primário, conforme dados do *World Metal Statistics*. O Brasil é o sexto maior produtor mundial de alumínio primário, precedido pela China, Rússia, Canadá, Estados Unidos e Austrália. (ABAL, 2010). Isto implica que o Brasil é um dos maiores geradores desse resíduo, quando se refere ao cenário mundial.

A produção de alumínio primário no Brasil de janeiro a março de 2019, segundo a Associação Brasileira do Alumínio – ABAL, totalizou 147 milhões de toneladas. (Associação Brasileira do Alumínio – ABAL, 2019).

É importante ressaltar que, as destinações inadequadas desses resíduos podem causar problemas de âmbitos sociais e principalmente ambientais. Com relação aos problemas ambientais destacam-se: a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação do solo, danos à flora e à fauna, corrosão de equipamentos metálicos até o impacto visual sobre extensas áreas. Os custos associados ao manejo e disposição do resíduo de bauxita representam uma grande parte dos custos de produção da alumina (HIND, 1999).

O resíduo de bauxita apresenta um grande passivo ambiental para a indústria de beneficiamento de alumínio, com riscos de contaminação ao meio ambiente, elevado custo associado ao seu manejo e disposição nos lagos de armazenamento de rejeitos, os quais representam uma grande parte dos custos de produção da alumina. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, cita entre as atividades industriais mais poluentes a indústria de metais não-ferrosos e dentre estes, a do alumínio (DONAIRE, 1995).

A lama vermelha é normalmente disposta em lagoas projetadas especialmente para este fim, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Lagoa de disposição da lama vermelha do Consorcio de alumínio do Maranhão ALUMAR



Fonte: SANTOS, 2019.

Devido à elevada alcalinidade conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004), a lama vermelha é enquadrada como resíduo de classe I – considerado perigoso, tóxico. Sendo necessário mais cuidado com seu uso do que com os outros resíduos utilizados desta pesquisa.

## 2.7 VIDRADO CERÂMICO

Segundo (SANCHÉS, 1997; MALISKA, 2000) “o vidrado é uma camada fina que recobre a superfície do revestimento. Sua intenção é impermeabilizar o biscoito cerâmico, a fim de prolongar a resistência da superfície vidrada ao ataque de agentes químicos, ao desgaste da peça. Também promove a rugosidade adequada para assegurar a resistência ao deslizamento. Sua aplicação proporciona um excelente acabamento da superfície da peça, de característica espelhada.

“O vidrado, além de impermeabilizar o suporte cerâmico, deve possuir características técnicas e estéticas que sejam adequadas ao uso ao qual se destina o produto. Os vidrados preparados exclusivamente a partir de fritas são utilizados fundamentalmente em peças cerâmicas na qual a componente estética é mais importante que a componente técnica, como no caso de azulejos e objetos decorativos.” (SANCHÉS, 1997, p.32).

De acordo com Maliska (2000) “o esmalte é a fase que determina a tonalidade da cerâmica, na qual são adicionados os pigmentos. É o esmalte que define as características do material produzido no que diz respeito ao

desempenho mecânico (resistência à abrasão, dureza ao risco, resistência ao choque e outros), às propriedades químicas (resistência ao ataque de agentes químicos) e estéticas (brilho, textura, cor etc) do revestimento cerâmico”.

“Os esmaltes quase sempre são aplicados sobre a peça na forma de suspensão aquosa. O substrato absorve água e a camada é seca ao ar antes da operação de queima. A suspensão de esmalte é feita pela mistura e moagem com água, em proporções determinadas dos materiais componentes, para ajustar a densidade e viscosidade e obter uma camada de espessura desejada.” (SERPA, 2007, p.43).

Segundo Maynard (1980) apud Serpa (2007), os esmaltes são normalmente combinações complexas de silicatos e compostos boratos e devem satisfazer um certo número das seguintes condições:

- a) Baixa solubilidade em água;
- b) Compatibilidade com o corpo cerâmico sobre o qual será aplicado para evitar falhas como gretamento e lascamento;
- c) Adequação à produção de efeitos decorativos indesejados;
- d) Fusibilidade dentro do intervalo de temperatura requerido.

“Considerando que, a função do esmalte é formar a cobertura do suporte cerâmico e, portanto, deve cumprir uma grande quantidade de funções com respeito ao processo de fabricação e às características exigidas no produto.” (NANDI, 2013 p.63). Pracidelli (2008) apud Nandi (2013) relata as duas principais propriedades desejáveis nos corpos cerâmicos que estão relacionadas à camada superficial esmaltada:

- a) **Propriedades físico-químicas:** capacidade de cobrir homogeneamente a superfície a ser vitrificada, ser impermeável, possuir resistência ao desgaste por abrasão quando em uso, apresentar pouca reatividade a água e a reagentes químicos, ser de fácil limpeza, apresentar resistência mecânica e viscosidade do fundido adequada;
- b) **Propriedades estéticas/decorativas:** brilho, opacidade/transparência, cor e textura.

### 2.7.1 Classificação dos esmaltes

Segundo (SERPA, 2007, p.46) os esmaltes podem ser classificados em:

- a) **Esmaltes com chumbo:** A incorporação de óxido de chumbo produz um esmalte fundente que tem uma baixa viscosidade a baixas temperaturas, devido as suas excelentes propriedades fundentes. A principal barreira ao uso chumbo é seu alto grau de toxicidade quando absorvido pelo corpo humano. Mesmo com os problemas de toxicidez, o óxido de chumbo é ainda bastante utilizado pelo fato de produzir um ótimo brilho, proporcionando, ainda, uma melhor fluidez e elasticidade ao vidro final;
  
- b) **Esmaltes sem chumbo:** Os esmaltes sem chumbo oferecem algumas vantagens comparando-se com os de chumbo. Esses esmaltes são mais limpos, fornecem cores mais fortes, e quando opacificados, produzem um branco melhor. Em esmaltes que não contém chumbo, os óxidos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, juntamente com óxido bórico, são usados para produzir a ação fundente. Em geral, esses esmaltes não têm alto brilho e apresentam um menor intervalo de queima. Seu uso é restrito pela sua dilatação térmica, e somente é usado quando o trincamento (efeito craquelado) é desejado como um efeito decorativo.
  
- c) O esmalte sem chumbo é o mais indicado pois não oferece riscos à saúde, além dos efeitos que estes têm, como o efeito craquelado, os fundentes utilizados nesta pesquisa são alcalinos, sem chumbo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é caracterizada como experimental, pois foram realizados experimentos para se obter as vidrados assim como análise de algumas propriedades tecnológicas e testes. A pesquisa consistiu em levantamento de referencial teórico, experimentações em laboratório e análises visuais. A fundamentação teórica foi realizada por levantamento bibliográfico em livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos, disponíveis em portais eletrônicos e bibliotecas locais. Os testes foram realizados no Laboratório de cerâmica do curso de Design da UFMA.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

##### 3.1.1 Pergunta da pesquisa

É possível se obter um vidro cerâmico de baixa temperatura incorporando resíduos sólidos?

#### 3.2 EQUIPAMENTOS

Nesta pesquisa foram utilizados vários equipamentos e utensílios aos quais auxiliaram na fabricação dos vidrados. No Quadro 5 abaixo, segue os equipamentos e suas respectivas finalidades utilizados no desenvolvimento de vidrados cerâmicos.

Quadro 5 – Equipamentos e finalidades

<b>Equipamentos</b>	<b>Finalidade</b>
Moinho tipo de martelo	Para triturar os resíduos
Peneira BERTEL Indústria metalúrgica Ltda, ABNT 200 mesh.	Para peneirar os resíduos
Colher de chá	Para medir à água, o CMC e misturar as composições.
Balança semi-analítica	Medir a massa dos materiais
Forno elétrico <i>Linn Elektro Therm</i>	Para queima dos vidrados
BioPdi 100 KN MÁQ. Universal de Ensaio	Usadas no teste de resistência à flexão.

FONTE: Elaborado pelo autor.

### 3.3 MATERIAIS

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram adquiridos em vários ambientes, segue abaixo a descrição de todos.

#### 3.3.1 Resíduos

Nesta pesquisa inicialmente se utilizou resíduos de vidros coloridos provenientes de garrafas e embalagens, no intuito de aumentar a gama de cores possíveis se pensou em utilizar outros resíduos juntamente com o resíduo de vidro. Então se utilizou resíduos de rocha e o resíduo da lama vermelha, proveniente de um processo industrial da empresa ALUMAR de São Luís.

##### 3.3.1.1 Vidros

Existem uma variedade de tipos de vidro, tais como: vidros laminados, temperados, termo refletores entre outros.

De acordo com a classificação do vidro, o resíduo escolhido para o desenvolvimento dos vidrados foi vidro Sílica-cal-soda, provenientes de garrafas, potes e frascos. De acordo com a classificação dos resíduos sólidos, esses vidros estão classificados como resíduos de classe II – inertes conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004).

Diante da variedade de vidros Sílica-cal-soda, foi escolhido as garrafas pois apesar destas possuírem uma variedade de cores, o que contribui muito para o desenvolvimento de vidrados com cores variadas e por serem reutilizadas tanto em processos industriais (reciclagem) como pela população (reuso).

As garrafas de vidro utilizadas nesta pesquisa foram obtidas pela pesquisadora em ambiente doméstico, nas seguintes tonalidades: verde, azul e âmbar, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Garrafas de vidros coloridos



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.3.1.2 Rochas

As rochas utilizadas na composição dos vidrados são classificadas como sedimentares. De acordo com a ABNT (2004), as rochas sedimentares são resíduos da classe II, inertes. As rochas foram encontradas em solo tipo laterita na parte externa da Marcenaria do curso de Design da UFMA, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Rochas sedimentares selecionadas para a pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.



### 3.3.1.3 Lama vermelha

A lama vermelha é enquadrada como resíduo de classe I - perigoso, devido à elevada alcalinidade conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004), portanto a utilização deste resíduo requer certos cuidados como a utilização de luvas e máscaras.

A lama vermelha foi retirada nos reservatórios de resíduos da empresa ALUMAR, foi obtida em estado de pó, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Lama vermelha



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.3.2 Fundente

Os fundentes são um dos três ingredientes mais importantes do esmalte, são óxidos que fazem baixar o ponto de fusão da sílica, matéria formadora do vidro, e de outros materiais com ponto de fusão muito alto. Ao se formular um esmalte, é preciso decidir primeiro qual a temperatura desejada e, então, escolher os fundentes adequados. São usados também nos corpos de argila, para aumentar a sua densidade. (PENIDO et al, 1999, p.56).

Os fundentes/esmaltes em pó vitrificáveis para cerâmica utilizados nesta pesquisa foram o Fundente Transparente Alcalino, resulta em um aspecto transparente, semelhante o verniz e o Branco Brilhante Alcalino, resulta em uma cor branca, foram provenientes da HOBBY CERÂMICA Comércio de Artesanato LTDA, localizada em São Paulo, conforme a Figura 5.

Figura 5 – (A) – Fundente Transparente Alcalino; (B) – Branco Brilhante Alcalino.



(A)

(B)

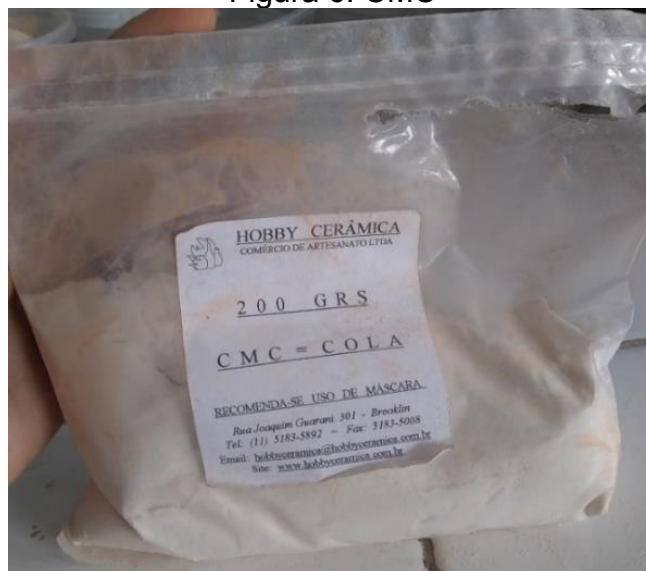
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.3.3 Carboximetilcelulose (CMC)

“CMC é uma cola vegetal que pode ser misturada ao esmalte para melhor adesão do vidrado à peça, antes de ser queimada. Facilita o manuseio e não altera a cor do vidrado. Pode também ser borrifada logo após a esmaltação, quando se quer pintar sobre o esmalte.” (PENIDO et al, 1999, p.62).

O CMC utilizado nesta pesquisa é proveniente da empresa HOBBY CERÂMICA Comércio de Artesanato LTDA, localizada em São Paulo, conforme a Figura 6.

Figura 6: CMC



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.3.4 Água

“A proporção de água em um esmalte depende de diversos fatores: alguns tipos de esmalte, como os que contém colemanita ou argila, precisam de mais água do que os esmaltes fritados por exemplo. A consistência é também controlada pela maneira com que o esmalte vai ser usado: se vai ser aplicado em biscoito poroso, deve ser mais líquido, com menos poros, o esmalte deve ser mais espesso. Recomenda-se que, para cada quilo de esmalte seco usa-se 750ml de água e, a partir daí ajustar a proporção” (PENIDO et al, 1999, p.61).

Nas composições foram utilizadas pequenas quantidades de água, medidas em colheres de chá, respeitando a mesma proporção acima citada. A água utilizada nos experimentos foi proveniente da UFMA, água normal da torneira.

### 3.4 MÉTODOS

Primeiramente foram confeccionadas pastilhas cerâmicas que foram utilizadas como substratos para testes de esmaltação. Após a obtenção das pastilhas iniciou-se as etapas metodológicas do desenvolvimento de vidrado com resíduos, conforme Figura 7.

Figura 7: Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Onde:

1. Obtenção do pó dos resíduos;
2. Composições com diferentes percentuais de resíduo;
3. Testes de queima em diferentes temperaturas;
4. Testes do botão de escorrimento;
5. Teste de resistência a flexão;
6. Queima das peças cerâmicas;
7. Análise visual das peças cerâmicas.

A avaliação das propriedades tecnológicas (testes de sinterização em diferentes temperaturas, teste do botão de escorrimento, teste de resistência à flexão, teste de pintura e aspectos visuais) de acordo com esses resultados a escolha do percentual de vidro mais adequada ao projeto.

Com a escolha da composição foram realizados testes em produtos cerâmicos com três processos de pinturas (imersão, pincel e pistola) seguidamente foi realizado a sinterização a fim de analisar os processos de pinturas com intuito de escolher o processo mais adequado para o vidro desenvolvido.

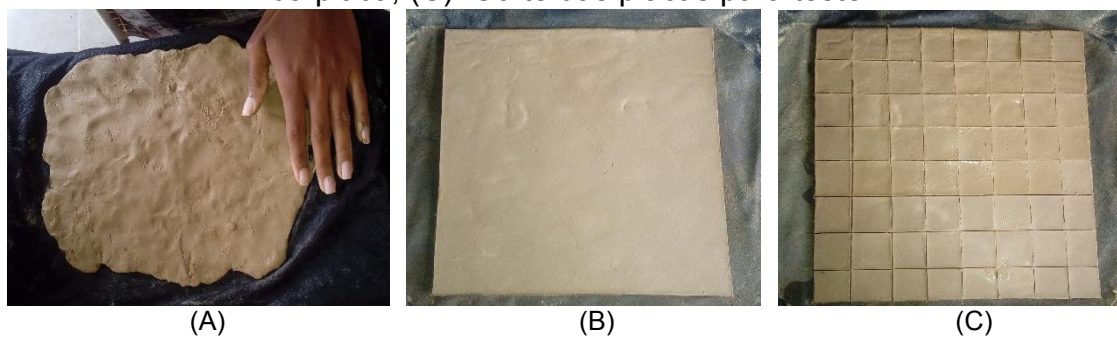
### **3.4.1 Confeção de pastilhas cerâmicas**

Para a confecção das pastilhas foi utilizado argila limpa proveniente do Município de Rosário – MA.

No desenvolvimento de um produto cerâmico existem algumas etapas a serem seguidas, tais como a preparação da massa cerâmica, modelagem, secagem, sinterização ou queima e esmaltação ou vitrificação.

A massa foi sovada, para melhorar a plasticidade, iniciando também o processo de eliminação de impurezas e de homogeneização, as chamadas “bolhas de ar”, a fim de evitar defeitos ou quebras durante a etapa de queima. Posteriormente foi feita uma placa uniforme e cortada as pastilhas menores para os testes. Na Figura 8 apresentam-se as etapas de obtenção das pastilhas.

Figura 8 – (A) - Massa sendo batida para eliminação de bolhas; (B): Confeção da placa; (C): Corte das placas para teste



Fonte: Elaborado pela autora.

O controle no processo de secagem é muito importante, pois diminuem o empenamento das peças, quando estas forem queimadas, nessa etapa elas adquirem uma coloração de cinza, nessa fase são chamadas de “peças verdes”.

As peças precisam secar naturalmente por um período que varia em função do tamanho, da temperatura ambiente e do grau de umidade do ar. Na Figura 9 apresentam-se as pastilhas em processo de secagem.

Figura 9 – Pastilhas em processo de secagem



Fonte: Elaborado pela autora.

A etapa de sinterização também pode ser chamada de queima ou ainda de cozimento. Smith e Hashemi (2006, p. 422) conceituam como “processo pelo qual pequenas partículas são unidas pela difusão em estado sólido”. Ou seja, consiste no procedimento de aglutinação das partículas do material, ao ser submetido a tratamento térmico. As pastilhas foram submetidas à queima de 980° C. Essa é uma das etapas mais importantes da produção de produtos cerâmicos, a queima ou sinterização. Na Figura 10 apresentam-se as pastilhas no forno para serem queimadas a 980 °C.



Figura 10 –Pastilhas no forno para serem queimadas a 980 °C



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.4.2 Obtenção do pó de vidro, rocha, lama vermelha

Após a escolha e obtenção das garrafas de vidro nas tonalidades (verde, azul e âmbar), estes foram lavados, secos, quebrados e triturados no moinho tipo martelo para obtenção do pó. Cada vidro foi triturado, peneirado na peneira de 200 *mesh* segundo a ABNT e guardados em recipientes. Na Figura 11 apresentam-se o vidro âmbar sendo triturado no moinho tipo martelo e o vidro verde sendo peneirado para obtenção do pó.

Figura 11 – (A) – Vidro âmbar sendo triturado no moinho tipo martelo; (B) – Vidro verde sendo peneirado para obtenção do pó.



(A)



(B)

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a escolha e obtenção das rochas, estas foram trituradas e peneiradas na peneira de 200 *mesh*, para obtenção do pó.

### 3.4.3 Composições dos vidrados com resíduos de pó de vidro

Foram preparadas as composições de 3 g dos fundentes (Branco Brilhante Alcalino e do Fundente Transparente Alcalino) sem a adição de pó de vidro, para servir de base de comparação com composições contendo resíduo de vidro.

O CMC utilizado na composição dos esmaltes não é utilizado em estado de pó, pois o mesmo passa por um processo de homogeneização, no qual é feita uma solução com 1 litro de água para uma colher de sopa de CMC em pó. Após esse preparo a solução do CMC foi utilizado nas composições dos vidrados.

Para a composição foram utilizados 3 g de fundente, uma colher de chá de água e 1 colher de chá de solução de CMC, onde 1 colher de chá de água é aproximadamente 2,50 g. Na Tabela 1 apresentam-se as composições dos fundentes.

Tabela 1 – Composições dos fundentes

Materiais	Branco Brilhante	Fundente
	Alcalino (g)	Transparente (g)
Fundente	3	3
Água (Colher de chá)	1	1
CMC (Colher de chá)	1	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Posterior à preparação das composições dos fundentes puros (sem adição de resíduo), foram preparadas as composições com diferentes percentuais dos resíduos, foram feitas composições de 3 g para cada percentual de pó de vidro adicionado aos fundentes Branco Brilhante Alcalino (BBA) e Fundente Transparente Alcalino (FTA). Foram escolhidos três tipos de pó de vidros, com tonalidades de âmbar, verde e azul.

Na tabela a seguir apresentam-se os percentuais das composições dos esmaltes com adição de pó de vidro.

Tabela 2 – Os percentuais das composições com adição de pó de vidro

<b>Composições</b> (%)	<b>Resíduo</b> (g)	<b>Fundente</b> (g)	<b>Água</b> (Colher de chá)	<b>CMC</b> (Colher de chá)
Comp. 0-0	0	3	1	1
Comp. 1-10	0,3	2,7	1	1
Comp. 2-20	0,6	2,4	1	1
Comp. 3-30	0,9	2,1	1	1
Comp. 4-40	1,2	1,8	1	1
Comp. 5-50	1,5	1,5	1	1
Comp. 6-60	1,8	1,2	1	1
Comp. 7-70	2,1	0,9	1	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Devido à variedade de resíduos utilizados nessa pesquisa, fez-se necessário a criação e utilização de um código para facilitar a compreensão das composições. Na Tabela abaixo apresentam-se os códigos dos resíduos.

Tabela 3 – Os códigos dos resíduos

<b>Códigos</b>	<b>Resíduos</b>
<b>V</b>	Vidro verde
<b>A</b>	Vidro azul
<b>Am</b>	Vidro âmbar
<b>R</b>	Rochas
<b>L</b>	Lama vermelha

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Nas Tabelas abaixo encontram-se os códigos das composições dos fundentes sem adição de resíduos (Branco Brilhante Alcalino – BBA e o Fundente Transparente Alcalino - FTA), onde o BA equivale ao fundente BBA e o TA equivale ao fundente FTA ambos com adição de resíduos de vidro nas tonalidades (verde, azul e âmbar).



Tabela 4 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro verde  
**Composições de BBA com adição de pó de vidro verde.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro verde (g)</b>	<b>BBA (g)</b>
<b>BBA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>BA10V</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>BA20V</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>BA30V</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>BA40V</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>BA50V</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>BA60V</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>BA70V</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 5 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro azul  
**Composições de BBA com adição de pó de vidro azul.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro azul (g)</b>	<b>BBA (g)</b>
<b>BBA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>BA10A</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>BA20A</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>BA30A</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>BA40A</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>BA50A</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>BA60A</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>BA70A</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 6 – Códigos das composições do BBA com adição de pó de vidro âmbar  
**Composições de BBA com adição de pó de vidro âmbar.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro âmbar (g)</b>	<b>BBA (g)</b>
<b>BBA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>BA10Am</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>BA20Am</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>BA30Am</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>BA40Am</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>BA50Am</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>BA60Am</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>BA70Am</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 7 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro verde  
**Composições do FTA com adição de pó de vidro verde.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro verde (g)</b>	<b>FTA (g)</b>
<b>FTA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>TA10V</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>TA20V</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>TA30V</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>TA40V</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>TA50V</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>TA60V</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>TA70V</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 8 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro azul  
**Composições do FTA com adição de pó de vidro azul.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro azul (g)</b>	<b>FTA (g)</b>
<b>FTA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>TA10A</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>TA20A</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>TA30A</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>TA40A</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>TA50A</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>TA60A</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>TA70A</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 9 – Códigos das composições do FTA com adição de pó de vidro âmbar  
**Composições do FTA com adição de pó de vidro âmbar.**

<b>Códigos</b>	<b>Composições (%)</b>	<b>Vidro âmbar (g)</b>	<b>FTA (g)</b>
<b>FTA</b>	Comp. 0-0	0	3
<b>TA10Am</b>	Comp. 1-10	0,3	2,7
<b>TA20Am</b>	Comp. 2-20	0,6	2,4
<b>TA30Am</b>	Comp. 3-30	0,9	2,1
<b>TA40Am</b>	Comp. 4-40	1,2	1,8
<b>TA50Am</b>	Comp. 5-50	1,5	1,5
<b>TA60Am</b>	Comp. 6-60	1,8	1,2
<b>TA70Am</b>	Comp. 7-70	2,1	0,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### **3.4.5 Composições dos vidrados com resíduos de pó de vidros com rocha e pó de vidro com lama vermelha**

Além da obtenção das cores dos pós de vidros no desenvolvimento dos vidrados, pensou-se em adicionar outros resíduos junto a esta composição.

Ampliando a possibilidade de variedades de cores e de encontrar materiais que os artesãos possam ter mais acesso, foi preparada uma composição de 2,50 g com os melhores resultados dos vidrados com resíduo de

pó de vidro acrescentando um novo resíduo, o pó de pedra, onde posteriormente serão avaliados por análise visual, juntamente com análise das propriedades tecnológicas. Em virtude disso houve a necessidade de se criar mais alguns códigos, que representassem a união dos resíduos de vidro com os resíduos de rochas e ou lama vermelha.

Na Tabela 10 apresentam-se os percentuais das composições dos esmaltes Branco Brilhante Alcalino e do Fundente Transparente Alcalino com variações do pó de vidro e pó de rocha.

Tabela 10 – Composições dos esmaltes BBA e do FTA com variações do pó de vidro e pó de rocha

<b>Composições dos esmaltes BBA e FTA com variações do pó de vidro e pó de rocha.</b>		
<b>Códigos</b>	<b>BBA/FTA (Código)</b>	<b>(Resíduo) Pó de rocha (g)</b>
<b>BA20V10R</b>	BA20V	0,10
<b>BA40V5R</b>	BA40V	0,05
<b>BA40Am20R</b>	BA40Am	0,20
<b>TA30V10R</b>	TA30V	0,10
<b>TA40V5R</b>	TA40V	0,05
<b>TA60Am20R</b>	TA60Am	0,20

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Com o resultado desse teste foi escolhido algumas composições para estudos com aumento do percentual de pó de rocha. Por ter apresentado um resultado satisfatório em relação a cor e brilho, o BA20V10R, foi submetido a novos testes com o aumento da proporção de pó de rocha, onde está composição permaneceu constante e aumentou-se a variação de resíduo de rocha. Na Tabela 11 se apresenta a composição BA20V10R com adição do resíduo de pó de rocha.

Tabela 11 – A composição BA20V10R com adição do resíduo de pó de rocha  
**A composição BA20V10R com adição do resíduo de pó de rocha**

<b>Códigos</b>	<b>BBA (Código)</b>	<b>(Resíduo) Pó de rocha (g)</b>
<b>BA20V10R</b>	BA20V	0,10
<b>BA20V20R</b>	BA20V	0,20
<b>BA20V30R</b>	BA20V	0,30
<b>BA20V40R</b>	BA20V	0,40
<b>BA20V50R</b>	BA20V	0,50

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Em seguida foram desenvolvidas composições o resíduo de pó de rocha constante de 0,10 g e aumentou-se a quantidade de pó de vidro de 10 % a 40 % para todos as tonalidades de vidros (verde, azul e âmbar) respectivamente. As Tabelas abaixo apresentam os códigos das composições do BBA e FTA com resíduo de vidro e de rocha, respectivamente.

Tabela 12 – Os códigos das composições BBA com resíduo de vidro e de rocha  
**Os códigos das composições BBA com resíduo de vidro e de rocha**

<b>Códigos</b>	<b>BBA (verde/azul/âmbar)</b>	<b>(Resíduo) Pó de rocha (g)</b>
<b>BA10V10R</b>	BA10V	0,10
<b>BA20V10R</b>	BA20V	0,10
<b>BA30V10R</b>	BA30V	0,10
<b>BA40V10R</b>	BA40V	0,10
<b>BA10A10R</b>	BA10A	0,10
<b>BA20A10R</b>	BA20A	0,10
<b>BA30A10R</b>	BA30A	0,10
<b>BA40A10R</b>	BA40A	0,10
<b>BA10Am10R</b>	BA10Am	0,10
<b>BA20Am10R</b>	BA20Am	0,10
<b>BA30Am10R</b>	BA30Am	0,10
<b>BA40Am10R</b>	BA40Am	0,10

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Tabela 13 – Os códigos das composições FTA com resíduo de vidro e de rocha  
**Os códigos das composições FTA com resíduo de vidro e de rocha.**

<b>Códigos</b>	<b>FTA (verde/azul/âmbar)</b>	<b>(Resíduo) Pó de rocha (g)</b>
TA10V10R	TA10V	0,10
TA20V10R	TA20V	0,10
TA30V10R	TA30V	0,10
TA40V10R	TA40V	0,10
TA10A10R	TA10A	0,10
TA20A10R	TA20A	0,10
TA30A10R	TA30A	0,10
TA40A10R	TA40A	0,10
TA10Am10R	TA10Am	0,10
TA20Am10R	TA20Am	0,10
TA30Am10R	TA30Am	0,10
TA40Am10R	TA40Am	0,10

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Além do resíduo de pó de rocha se utilizou também o resíduo de lama vermelha. O Fundente Transparente Alcalino com 70 % de pó de vidro âmbar, foi submetido a novos testes com o aumento da proporção de pó de lama vermelha. Na Tabela 14 se apresenta o código do Fundente Transparente Alcalino com adição do resíduo da lama vermelha.

Tabela 14 – O código do FTA com adição do resíduo da lama vermelha  
**Código do Fundente Transparente Alcalino com adição do resíduo da lama vermelha.**

<b>Código</b>	<b>FTA (3 g)</b>	<b>(Resíduo) Pó de lama vermelha (g)</b>
TA70Am10L	TA70Am	0,10
TA70Am20L	TA70Am	0,20
TA70Am30L	TA70Am	0,30

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Posteriormente foram preparadas composições do Fundente Transparente Alcalino e do Branco Brilhante Alcalino com 70 % de vidro azul e

adicionado o resíduo da lama vermelha. Na Tabela 15 se apresenta o código do Branco Brilhante Alcalino e o Fundente Transparente Alcalino com adição do resíduo da lama vermelha.

Tabela 15 – Código de BBA e FTA com adição do resíduo da lama vermelha

<b>Código</b>	<b>Fundentes (2,50 g)</b>	<b>(Resíduo) Pó de lama vermelha (g)</b>
<b>BA70A20L</b>	BA70A	0,20
<b>TA70A20L</b>	TA70A	0,20

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.4.6 Preparação do esmalte

Primeiramente os materiais em pó são pesados na balança semi-analítica (óxidos e pó de vidro), seguidamente misturados (homogeneização), posteriormente são acrescentados a água e a solução de CMC.

Em seguida são apresentados os procedimentos da preparação do esmalte. Na Figura 12 apresenta-se os componentes da composição: o pó de vidro, o óxido sendo medidos na balança de precisão.

Figura 12 – Materiais em pó sendo medidos na balança de precisão



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Após os materiais em pó serem pesados e misturados, foi acrescentado uma colher de chá de água e uma colher da solução de CMC para fazer as composições que foram utilizadas na sinterização em temperaturas diferentes,

nos testes de escorrimento, resistência a flexão, bem como o teste de pintura e sinterização das peças para análise visual.

### 3.4.7. Testes de queima em diferentes temperaturas

Durante a queima ocorrem reações químicas das mais diversas; algumas são rápidas, outras exigem tempo; algumas devem completar-se outras devem ser evitadas; algumas devem ocorrer no início, outras no fim do processo. Resultando que o problema é complexo, e influi não somente a temperatura alcançada, mas também a velocidade de aquecimento, de resfriamento, atmosfera ambiente, tipo de forno etc.

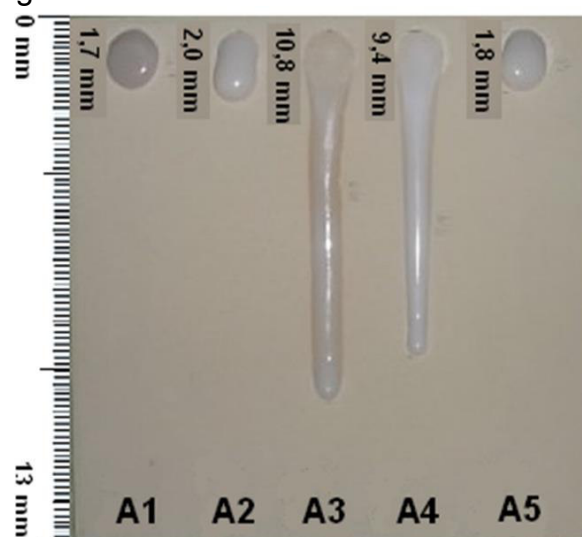
Como está se buscando um vidro que queime a baixas temperaturas, o teste de queima em temperaturas diferentes é importante para avaliar tanto a vitrificação dos vidros como para observar as diferentes cores e texturas que podem surgir.

### 3.4.8 Teste de botão de escorrimento

Para o ensaio de botão de escorrimento, foi confeccionado um botão/círculo com (5 mm de diâmetro e cerca de 2 mm de espessura) para cada amostra, no qual este será fixado sobre uma placa de cerâmica de revestimento tipo monoporosa. (NANDI, et al, 2016).

O teste do botão de escorrimento é importante para avaliar a viscosidade dos esmaltes. Na Figura 13 apresenta-se o teste do botão de escorrimento da pesquisa do NANDI, et al (2015).

Figura 13 – Teste do botão de escorrimento



Fonte: NANDI, et al (2015).



Para o teste de botão de escorrimento foi confeccionado duas placas cerâmicas, onde as composições foram submetidas a variações de temperaturas de 900 e 950 °C, as mesmas utilizadas nos testes de sinterização, para avaliar em qual dessas temperaturas o esmalte apresenta maior viscosidade (escorre menos).

No teste foram escolhidas as composições que apresentaram os melhores resultados do teste de sinterização em diferentes temperaturas, as composições com o pó de vidro (verde, azul e âmbar) e as composições com os vidros juntamente com os resíduos de (rochas ou lama vermelha). Na Tabela 16 apresentam-se as composições escolhidas para o teste de botão de escorrimento.

Tabela 16 – As composições escolhidas para o teste de botão de escorrimento  
**Composições submetidos ao teste de botão de escorrimento**

<b>BBA (verde/azul/âmbar) (Rocha/lama vermelha)</b>	<b>FTA (verde/azul/âmbar) (Rocha/lama vermelha)</b>
BBA	FTA
BA60V	TA60V
BA70V	TA70V
BA60A	TA60A
BA70A	TA70A
BA20V10R	TA60Am
BA40V5R	TA70Am
BA20Am10R	TA70Am30L
BA70A20L	TA70A20L

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Com as composições escolhidas foram pintados círculos com diâmetro de 5 mm por 2 mm aproximadamente de espessura nas placas cerâmica. Na Figura 14 apresenta uma das placas cerâmicas com as composições pintadas para o teste de botão de escorrimento.

Figura 14 – Placa cerâmica com as composições pintadas para o teste de botão de escorrimento



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Após a pintura das placas, ela foi ajustada no forno em um ângulo de  $45^\circ$  e queimada nas temperaturas de  $900^\circ\text{C}$  e  $950^\circ\text{C}$ , conforme a Figura 15.

Figura 15 – A placa pintada pronta para sinterização de  $900^\circ\text{C}$  no ângulo de  $45^\circ$



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

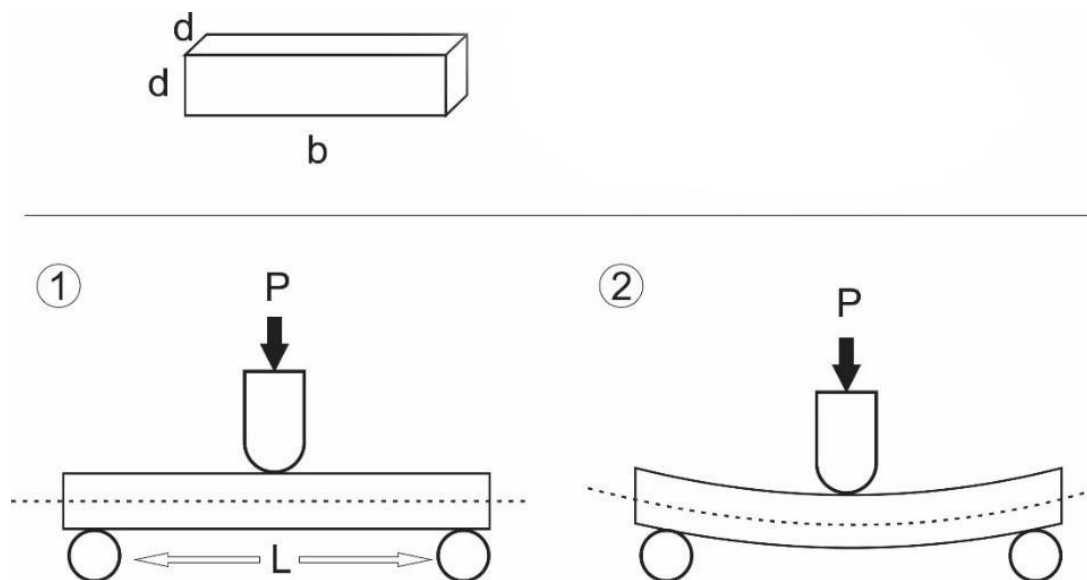
### 3.4.9 Resistência a flexão

O módulo de ruptura à flexão consiste na determinação da resistência máxima de um objeto submetido a forças externas até que suas fibras entrem em colapso.

Neste trabalho, o módulo de ruptura a flexão em três pontos é encontrado conforme recomenda a NBR 13818: 1997 referentes a placas cerâmicas para revestimento, adaptado para os corpos de prova.

O ensaio utiliza como referência a NBR 13818 (ABNT, 1997), referente a placas cerâmicas para revestimento, adaptada para os corpos de prova. O teste deve ser realizado em uma máquina de ensaios, são aplicadas entre roletes espaçados em igual distância sobre os corpos de prova, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Teste de Ruptura à flexão de 3 pontos



Fonte: GUIMARÃES, 2015.

Após o ensaio, foi possível calcular o módulo por meio da expressão:

$$M = \frac{3PL}{2bd^2}$$

(1)

Sendo:

$M$  = Módulo de ruptura à flexão (MPa);

$P$  = Carga aplicada (N);

$L$  = Distância entre os roletes (mm);

$b$  = Comprimento do corpo-de-prova (mm);

$d$  = Espessura e largura do corpo-de-prova (mm).

As composições escolhidas para o teste de resistência à flexão são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Composições submetidos ao teste de resistência a flexão

<b>Composições/ Códigos</b>	<b>Temperatura de queima (°C)</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>
<b>S.E</b>	900	10.8	15.7
<b>S.E</b>	950	10.8	15.6
<b>BBA</b>	900	11.6	18.0
<b>BBA</b>	950	11.2	13.9
<b>BA70Am</b>	900	11.5	16.5
<b>BA70Am</b>	950	11.5	18.7
<b>FTA</b>	900	12.6	15.4
<b>FTA</b>	950	12.0	16.4
<b>TA70V</b>	900	12.2	16.4
<b>TA70V</b>	950	11.4	14.0
<b>TA70A</b>	900	11.8	17.6
<b>TA70A</b>	950	11.9	18.7
<b>TA70Am</b>	900	13.2	18.5
<b>TA70Am</b>	950	11.3	15.6
<b>BA20V10R</b>	900	12.1	25.4
<b>BA20V10R</b>	950	12.2	25.0
<b>BA70A20L</b>	900	12.3	27.5
<b>BA70A20L</b>	950	12.6	30.4
<b>TA70A20L</b>	900	12.8	30.4
<b>TA70A20L</b>	950	12.2	32,5

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Para o teste de resistência a flexão foram utilizados corpos de prova com os vidrados, que foram comparados com dois corpos de prova sem esmalte (S.E) e queimados nas temperaturas de 900° C e 950° C. Nas Figuras 17 e 18 apresentam-se os corpos de prova pintados e após a queima.

Figura 17 – Corpos de prova pintados



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Figura 18 – Corpos de prova após a queima



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

### 3.4.10 Testes de pintura

#### 3.4.10.1 Pintura por imersão

A pintura por imersão, as peças são imersas na composição do esmalte ou óxido, a cerâmica absorve a água da mistura e forma uma camada de

cobertura na peça. Esse procedimento pode ser repetido outras vezes, para melhor cobertura, dependendo da camada que se deseja obter.

De acordo com o (PENIDO et al, 1999, p.49), explicam como funciona o procedimento dessa técnica.

A pintura por imersão também conhecida por *dipping* é a técnica mais utilizada. Seu maior inconveniente é a necessidade de se dispor de uma grande quantidade de esmalte. Pode-se usar mãos ou pinças para mergulhar a peça dentro do recipiente com esmalte, por três a quatro segundos. Depois de retirá-la, deixa-se secar antes de remover o excesso que acumulou na base. Retoca-se as marcas de dedos com um pincel bem saturado de esmalte, de preferência com a superfície da peça ainda molhada. Para tirar as marcas de pinças, basta passar levemente o dedo sobre elas. (PENIDO et al, 1999, p.49).

Na Figura 19 apresenta-se um exemplo do procedimento da pintura por imersão.

Figura 19 – (A) – Imergindo a peça no óxido Transparente fundente; (B) – Peça cerâmica após a imersão



Fonte: Elaborado pela própria autora, 2016.

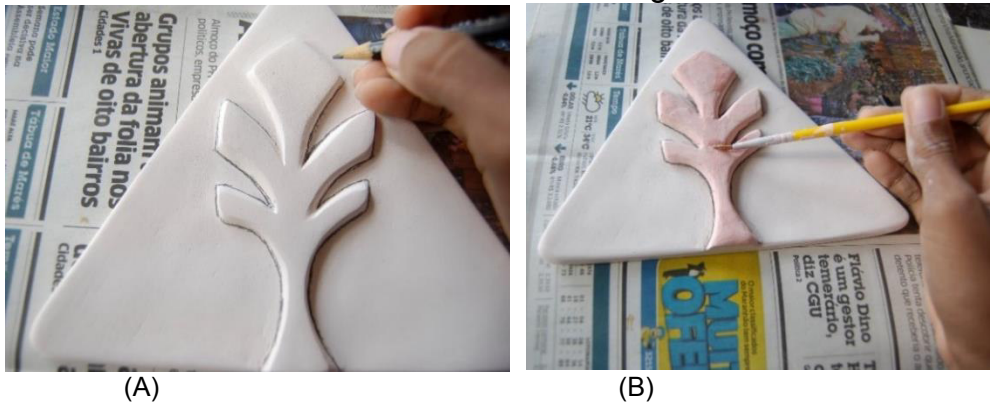
#### 3.4.10.2 Pintura com pincel

Na pintura com pincel, as gotículas da solução são colocadas nas peças cerâmicas e enquanto não é absorvida pela cerâmica se deve ampliar o espaço da mesma sobre a cerâmica, ou seja, a gotícula vai ser arrastada para atingir o espaço que se deseja pintar, por isso é mais trabalhoso, não pintamos literalmente a peça.

Aplicação a pincel também chamada de *brushwork*. É uma maneira difícil de esmaltar porque é quase impossível conseguir uma espessura uniforme, já que o pincel não corre sobre a superfície porosa do biscoito. É uma técnica útil para pequenos retoques ou para decorar a peça. (PENIDO et al, 1999, p.52).

Na Figura 20 apresenta-se um exemplo da pintura com o pincel.

Figura 20 – (A) – Peça cerâmica sendo riscada com lápis para que não haja contato entre os óxidos; (B) – Peça cerâmica sendo pintada com o óxido com tonalidade Tangerina



Fonte: Elaborado pela própria autora, 2016.

#### 3.4.10.3 Pintura com pistola

Realizada com um compressor de ar acoplado a uma pistola de pintura. Para este tipo de técnica, deve-se usar máscaras e trabalhar em lugares abertos ou arejados. Na Figura 21 apresenta-se um exemplo da pintura com pistola.

Figura 21 – Peça cerâmica sendo pintada com pistola



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2016.

#### *3.4.10.4 Sinterização no forno elétrico*

Nos vidrados, as reações químicas acontecem em um período curto de tempo, dependendo do tipo de vidrado/esmalte e da temperatura de queima o patamar de queima pode variar de 20 a 50 minutos. Quando o vidrado é queimado em temperaturas elevadas o seu patamar de queima exige um tempo maior, quando o vidrado é queimado a temperaturas baixas, o patamar de queima exige um tempo menor.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CONFECÇÃO DAS PASTILHAS CERÂMICAS

As peças após a sinterização ou queima as pastilhas cerâmicas ficaram prontas para serem usadas nos testes e no desenvolvimento de vidrados cerâmicos. Na Figura 22 apresentam-se as pastilhas após a sinterização de 980 °C.

Figura 22 – Pastilhas cerâmicas após sinterização de 980 °C



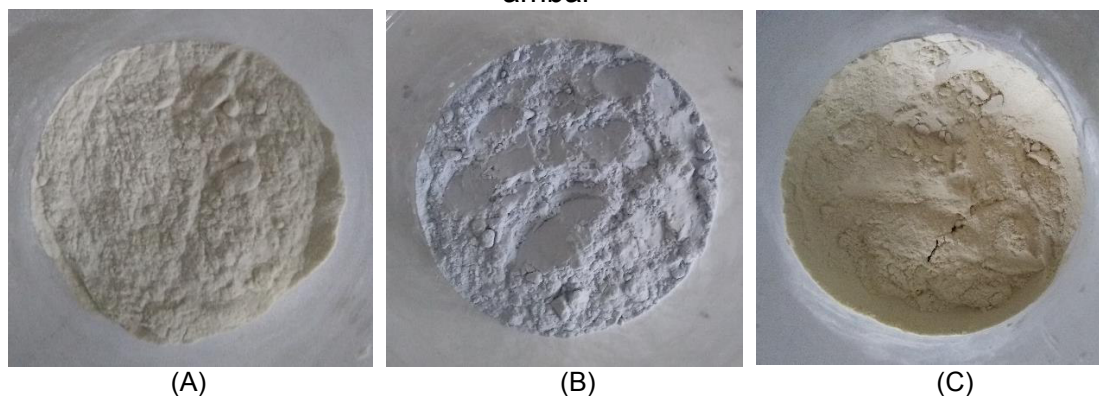
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As pastilhas cerâmicas apresentaram superfície lisa, o que ajuda no processo de pintura do vidrado, coloração com pouca variação de tons alaranjados, pois a argila de Rosário é rica em óxido de ferro, resultando na cerâmica vermelha.

### 4.2 OBTENÇÃO DO PÓ DE VIDRO, ROCHAS E LAMA VERMELHA

Para realizar os experimentos os materiais devem ser misturados em estado de pó para que não haja problemas durante a homogeneização dos materiais. Primeiramente foi obtido o pó dos vidros nas tonalidades (verde, azul e âmbar respectivamente, conforme a Figura 23.

Figura 23 – (A) - Pó de vidro verde; (B) – Pó de vidro azul; (C) Pó de vidro âmbar

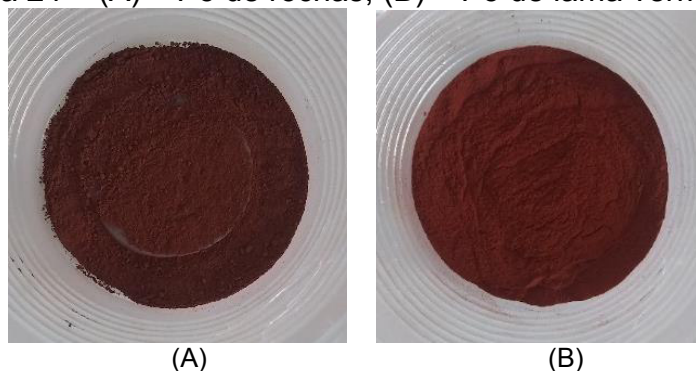


Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O pó dos vidros manteve as cores originais, contudo, o pó de tonalidade azul manteve a cor mais intensa do que as outras. Quanto à coloração, a do pó verde e a do âmbar mostraram-se aproximados.

Na Figura 24 apresentam-se o pó de rocha e da lama vermelha.

Figura 24 – (A) – Pó de rochas; (B) – Pó de lama vermelha



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A cor do pó de rocha e lama vermelha mostraram-se semelhantes, contudo, a tonalidade do pó de rocha revelou-se mais intensa do que a da lama vermelha.

#### 4.3 PREPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DOS VIDRADOS

Foram elaboradas composições com diferentes percentuais de pó de vidro, a variação foi de 10 a 70 %, as composições BBA e FTA, são os fundentes puros (sem resíduo) para comparação da variação de cor. Após a pintura as pastilhas foram queimadas no forno elétrico em diferentes temperaturas,

posteriormente foram analisadas as propriedades tecnológicas e aspectos visuais. A Figura 25 apresenta as pastilhas pintadas com composições com variação do pó de vidro verde.

Figura 25 – As pastilhas pintadas com composições com variação do pó de vidro verde



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Observou-se que, a pintura das composições com percentual de pó de vidro nas pastilhas cerâmicas, adeririam satisfatoriamente, fez-se uma cobertura uniforme, não ultrapassou a demarcação do lápis, indicando similaridades com os processos de pintura de esmaltes comerciais.

#### 4.4 TESTES DE QUEIMA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Após a queima podem surgir efeitos e defeitos no vidro/esmaltes (PENIDO et al, 1999, p.71), além das características comuns encontradas nos vidrados tais como: brilho, aspecto liso, cores opacas, foram encontradas nessa pesquisa outros efeitos, tais como:

- a) Craquelados (*crackles*) – fissuras decorativas intencionais que se formam na superfície do esmalte, devido à variação entre a expansão e a retração do esmalte e a massa da cerâmica, é um efeito bastante desejado;
- b) Trincas/Rachaduras (*crazing*) – uma teia de rachaduras no esmalte, que aparecem quando o esmalte, que aparecem quando o esmalte se contrai mais que a cerâmica durante o resfriamento;

- c) Contração (*crawling*) – o esmalte fundido se contrai, deixando áreas sem esmalte, com a cerâmica a mostra;
- d) Rugosidade/bolhas – na superfície aparecem pequenas bolhas que dão aspecto rugoso ao esmalte;

Com intuito de obter um vidrado a baixa temperatura, esse teste é muito importante. Todas as composições foram submetidas a sinterização nas temperaturas de 900 e 950 °C para avaliar se a queima é viável. As composições do BA10V a BA70V e do TA10V a TA70V, com variações de 10 a 70 % de pó de vidro verde foram queimadas nessas duas temperaturas. A Figura 26 apresenta os vidrados com pó de vidro verde queimados a temperatura de 900 °C.

Figura 26 – Vidrados com pó de vidro verde queimados a temperatura de 900 °C



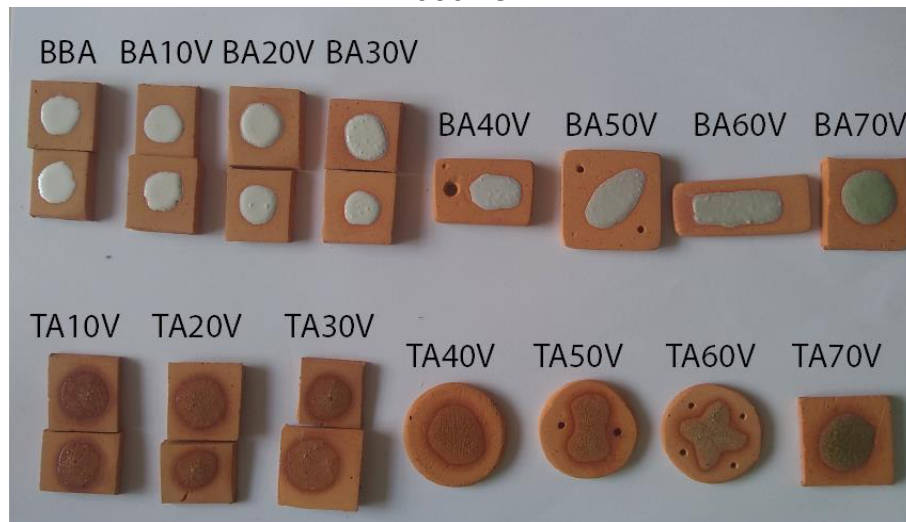
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Os experimentos com o pó de vidro verde nessa temperatura de 900 °C apresentaram resultados satisfatórios para essa composição. Se percebeu gradativamente a variação e intensificação da cor verde nos vidrados a partir do aumento do percentual de vidro nas composições. A cor verde é mais intensa no FTA do que no BBA, pois a tonalidade branca tende a dar cobertura da cor verde, como o FTA é um vidrado transparente, assim quando usado com o pó de vidro a cor é mais intensa. Como o FTA é um fundente com efeito craquelado, esse efeito manteve-se no experimento com resíduos de vidro.

Os próximos experimentos foram as mesmas composições do vidrado com as composições de BA10V a BA70V e do TA10V a TA70V, com variações

de 10 a 70 % de pó de vidro verde, submetidas à temperatura de 950 °C, conforme a Figura 27.

Figura 27 – Vidrados com pó de vidro verde queimados a temperatura de 950 °C



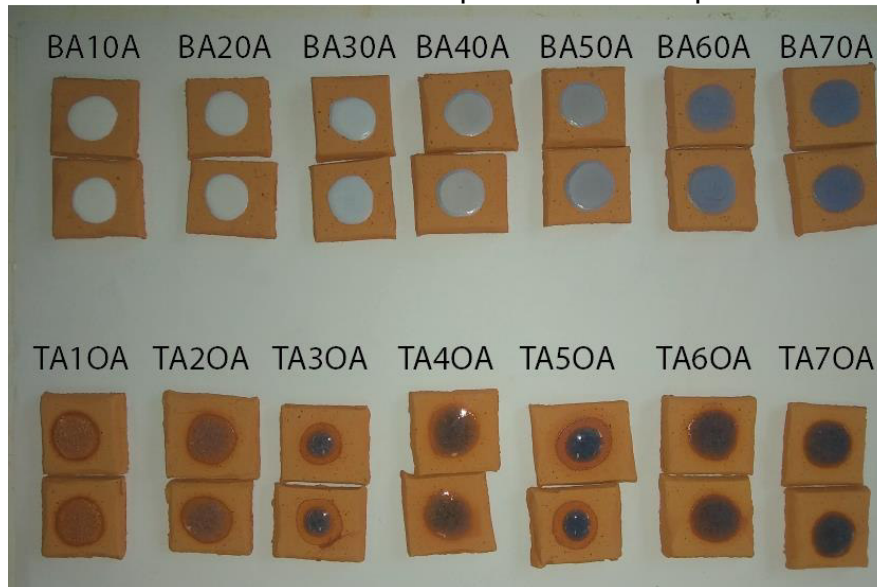
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As composições com pó de vidro verde submetidos a queima de 950 °C vitrificaram, no entanto, as composições com BBA apresentou um pouco de rugosidade nas composições de BA30V a BA60V, sendo mais intensa na BA40V e na BA70V a cor revelou-se mais intensa. Todas as composições do FTA (TA10V A TA70V) revelaram bordas escuras ao redor do vidrado e a cor apresentou menos intensa do que as submetidas a temperatura de 900 °C, além de apresentarem também o efeito craquelado.

Os próximos experimentos foram realizados com os vidrados com as composições BA10A a BA70A e do TA10A a TA70A, com variações de 10 a 70 % de pó de vidro azul, submetidas a temperatura de 900 °C, conforme a Figura 28.



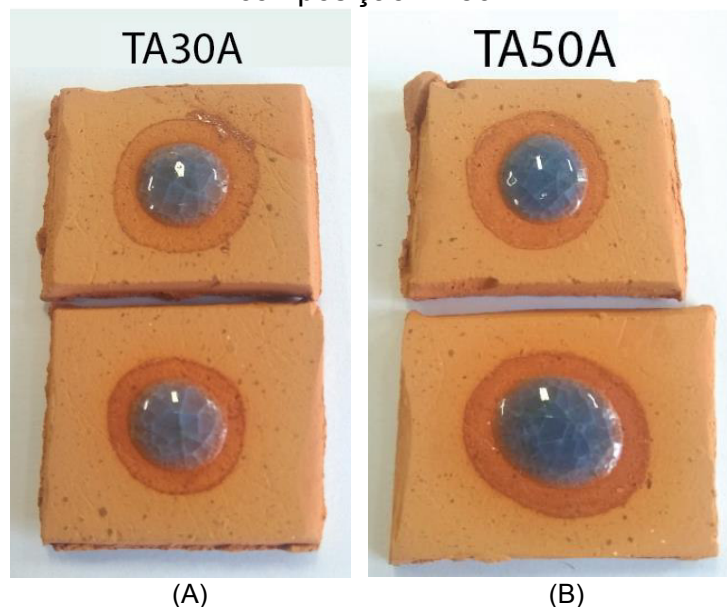
Figura 28 – Vidrados com vidro azul queimados a temperatura de 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As composições com pó de vidro azul vitrificaram, revelando resultados satisfatórios para esta composição. As composições com o fundente BBA apresentaram uma paleta de tonalidades da cor azul, indo do azul mais claro ao mais escuro. Enquanto as com o FTA mostraram-se resultados satisfatórios em relação à cor, no entanto, na TA30A e TA50A, houve uma contração do vidrado em relação a demarcação do lápis, o vidrado se retraiu e se concentrou no centro do desenho feito na pastilha cerâmica, conforme Figura 29.

Figura 29 – (A) – Vidrados da composição TA30A; (B) – Vidrados da composição TA50A



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Como foi mencionado anteriormente sobre esse efeito/defeito que podem surgir nos vidrados. Essa retração pode ser um efeito bom, que os ceramistas poderão utilizar em seus trabalhos, isso depende muito do conceito do produto ao qual o ceramista irá trabalhar, além de usar essas retrações para colocar outros elementos nesse espaço com o objetivo de agregar mais valor as peças.

Em seguida os vidrados com as composições do BA10A a BA70A e do FA10A a FA70A, com variações de 10 a 70 % de pó de vidro azul, submetidas a temperatura de 950 °C, conforme Figura 30.

Figura 30 – Vidrados com vidro azul queimados a temperatura de 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A queima das composições com o vidro azul na temperatura de 950 °C vitrificaram, no entanto, todas as composições com o fundente BBA apresentaram rugosidade, sendo mais intensa na composição BA30A. A rugosidade foi um dos efeitos mencionados anteriormente, este por sua vez também pode ser usado pelos ceramistas de acordo com o conceito da peça, podendo ser usado em peças cerâmicas rústicas por exemplo. Enquanto para o fundente FTA (TA10A a TA70A) os resultados mostraram uma variação de tonalidade de azul menos intensas que na temperatura de 900 °C, além do efeito craquelado.

Os vidrados com as composições do BA10Am a BA70Am e do TA10Am a TA70Am, com variações de 10 a 70 % de pó de vidro âmbar, que foram submetidas a temperatura de 900 °C, conforme Figura 31.

Figura 31 – Vidrados com vidro âmbar queimados a temperatura de 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As composições vitrificaram, a cor do vidrado se apresentou bem intensa principalmente nas composições do FTA (TA10Am a TA70Am) além do efeito craquelado, enquanto as composições contendo o BBA (BA10Am a BA70Am) as de BA40Am e BA50Am apresentaram o surgimento de bordas dentro do vidrado, observou-se também pouca variação de tonalidades nesse fundente, contudo as tonalidades mais fortes são o BA60Am e o BA70Am.

Os vidrados com as composições BA10Am a BA70Am e do TA10Am a TA70Am, com variações de 10 a 70 % de pó de vidro âmbar, foram submetidas a temperatura de 950 °C, conforme a Figura 32.



Figura 32 – Vidrados com vidro âmbar queimados a temperatura de 950 °C



Elaborado pela autora, 2019.

Os resultados mostraram que, as composições contendo o FTA revelaram bordas escuras ao redor do vidrado, a cor do vidrado mostrou-se menos intensa na temperatura de 950 °C do que na temperatura de 900 °C, quanto as composições contendo o BBA apresentaram um pouco de rugosidade nos percentuais de BA20Am a BA50Am, percebeu-se pouca variação de cores nesse fundente.

De modo geral todas as composições queimadas na temperatura de 900 °C apresentaram mais intensidade na cor do vidrado, em relação aos queimados a 950 °C. Todas as composições do fundente FTA submetidos a temperatura de 950 °C apresentaram uma borda escura ao redor do vidrado, indicando que uma temperatura mais baixa é mais recomendável para este tipo de fundente, no entanto isso pode ser usado como um efeito nos produtos cerâmicos. Observou-se que, algumas composições do fundente BBA mostraram-se rugosas, podendo ser usado também como um efeito nas peças cerâmicas.

Os testes de sinterização em temperaturas diferentes foram muito importantes para saber os efeitos e diferenças de tonalidades de cores. Pode-se confirmar que a utilização de resíduos de pó de vidro nesses fundentes, amplia a possibilidade de cores que poderão se utilizar em peças cerâmicas, se

confirmou que as composições podem ser submetidas as temperaturas de 900 °C e 950 °C, e que na temperatura de 900 °C a cor do vidrado fica mais intensa, o que indica que seu uso nessa temperatura potencializa economia de energia elétrica.

Com intuito de aumentar a possibilidade de cores de vidrados para os artesãos, utilizou-se também outros resíduos (pó de rocha e o pó de lama vermelha) juntamente com o resíduo de vidro na composição de vidrados, que também foram submetidos a queima em diferentes temperaturas.

#### 4.5 COMPOSIÇÕES DOS VIDRADOS COM RESÍDUOS DE PÓ DE VIDROS COM ROCHA E PÓ DE VIDRO COM LAMA VERMELHA

De acordo com os resultados das composições com pó de vidro, foram escolhidas algumas composições para fazer testes com o uso de resíduos de rocha, e submetidos à temperatura de 950 °C, as peças foram pintadas e submetidas a queima, resultando na vitrificação, estas etapas estão presentes nas Figuras 33 e 34.

Figura 33 – Peças pintadas dentro do forno elétrico



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A pintura das peças apresentou variações de cores, adeririam satisfatoriamente as pastilhas cerâmicas, fez-se uma cobertura uniforme, não

ultrapassou a demarcação do lápis, os resultados quanto a pintura mostrou-se semelhantes as composições com adição somente de vidro.

Figura 34 –Vidrados após queima de 950 °C

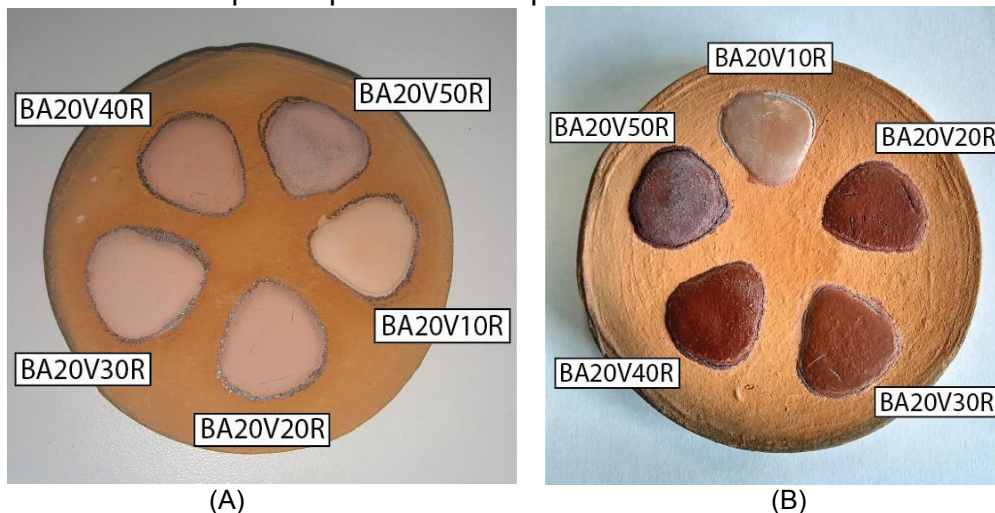


Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

No resultado observou-se que, nas composições BA20V10R e BA40V5R as cores se mostraram uniformes, ambas com tonalidades cinza, embora na composição BA40V5R o vidrado tenha rachado, enquanto nas composições BA40Am20R, TA30V10R e TA60Am20R as cores não se apresentaram uniformes, revelando duas cores no vidrado. A composição TA40V5R não apresentou mudanças relevantes com o percentual do pó de rocha.

Como a composição BA20V10R contendo o fundente BBA apresentou um resultado melhor em relação ao brilho e uniformidade da cor em comparação com as outras composições contendo o mesmo fundente. Foram realizados mais testes com esta composição, adicionando-se percentuais diferentes do resíduo de rocha, representado pelos seguintes códigos (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R), essas composições foram submetidas as temperaturas de 900 e 950 °C, a fim de verificar mudanças de cor e efeito desses percentuais na cor do vidrado em temperaturas diferentes. A Figura 35 apresenta a peça cerâmica pintadas com diferentes percentuais de pó de rocha e os vidrados após a queima na temperatura de 900 °C.

Figura 35 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R); (B) Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C

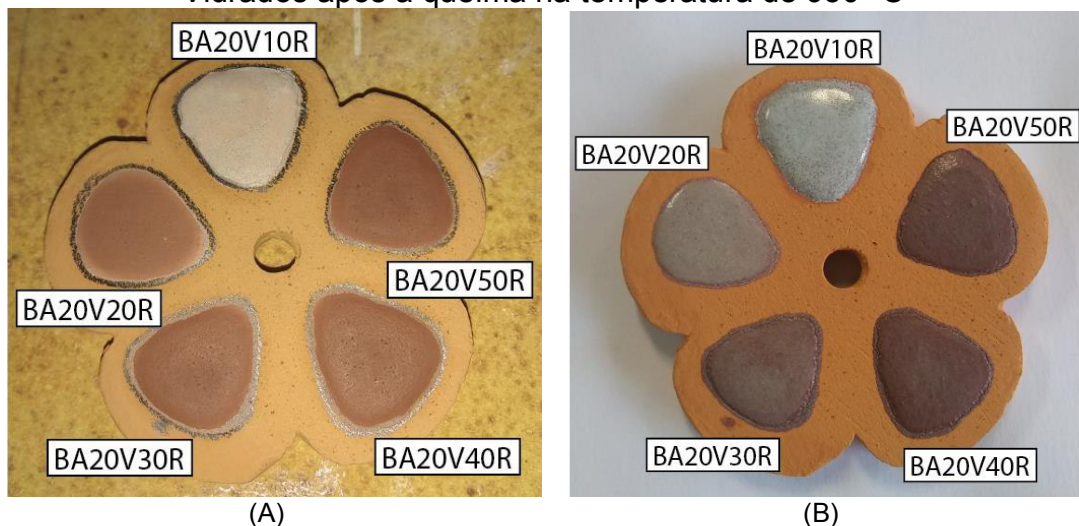


Fonte: Elaborado pela própria autora, 2019.

As composições vitrificaram nessa temperatura, observou-se que, com o aumento do percentual do resíduo de rocha, resultou na variação de cores que vai do marrom ao cinza. Os vidrados não apresentaram brilho, mostraram-se opacos.

As composições representadas pelos seguintes códigos (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R) as quais foram submetidas a queima de 900 °C, foram pintadas e os vidrados após a queima na temperatura de 950 °C, conforme a Figura 36.

Figura 36 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R e BA20V50R); (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C



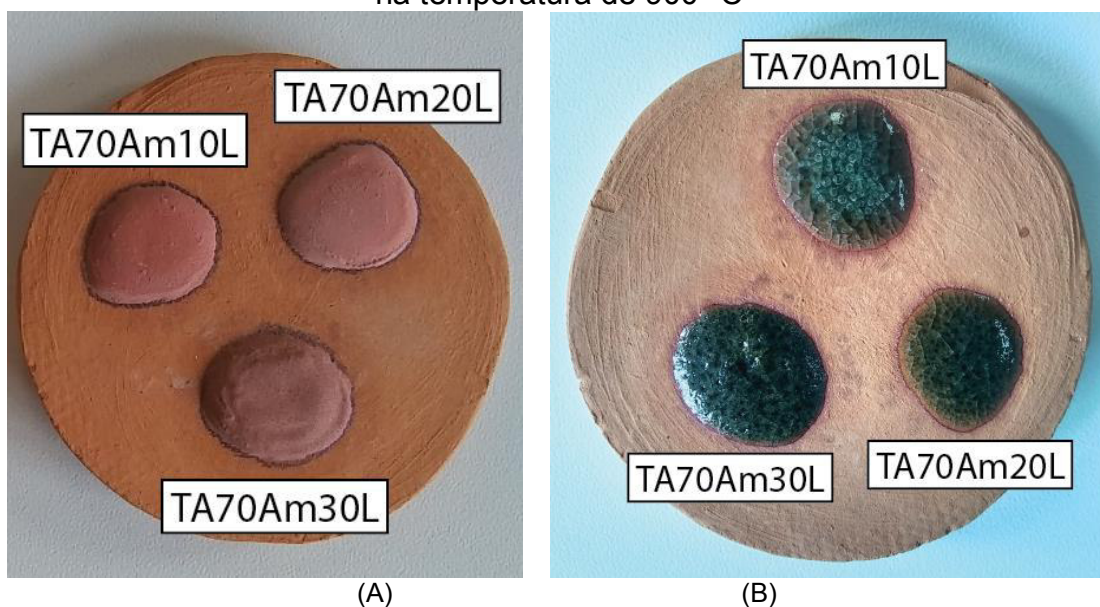
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.



As composições vitrificaram na temperatura 950 °C, os resultados apresentaram tons voltados para as cores marrom e cinza, observou-se que ocorreu variação de cores e diminuição do brilho dos vidrados na medida que vai aumentando o percentual do resíduo de rocha. Os vidrados apresentaram acabamento liso, a composição BA20V10R que contem menos resíduo de rocha, apresentou mais brilho. Enquanto, o BA20V50R que contém mais resíduo de rocha, apresentou menos brilho. Todas as cores mostraram-se uniformes, de modo geral, os vidrados mostraram-se com mais brilho do que na temperatura de 900 °C.

Além dos vidrados com os resíduos de rochas foram realizadas composições de vidrados com resíduo de lama vermelha, com os seguintes códigos (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L), a peça cerâmica foi pintada e submetida a queima na temperatura de 900 e 950 °C. A Figura 37 apresenta a peça cerâmica após a pintura das composições com percentuais de pó de lama vermelha em seguida os vidrados após a queima na temperatura de 900 °C.

Figura 37 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L); (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C



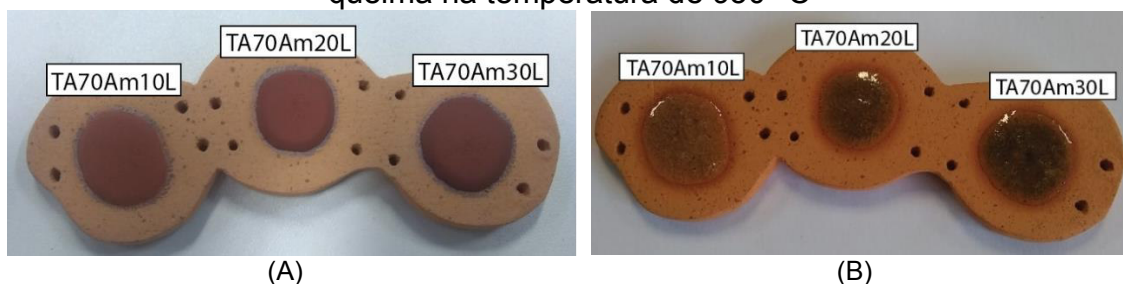
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As composições vitrificaram na temperatura 900 °C, as cores apresentaram-se voltadas para a cor verde escuro, apresentando pouca variação de cores na medida que vai aumentando o percentual do resíduo de

lama vermelha e os vidrados apresentaram brilho, acabamento liso e efeito craquelado, a composição TA70Am10L apresentou algumas bolhas dentro do vidrado, no entanto sua superfície se apresentou lisa.

As composições (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L) as quais foram submetidas a queima de 900 °C, foram pintadas e os vidrados após a queima na temperatura de 950 °C, conforme a Figura 38.

Figura 38 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L); (B) – (B) –Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As composições vitrificaram na temperatura 950 °C, os resultados mostraram a predominância da cor do vidro âmbar na primeira composição TA70Am10L, no entanto, à medida que se aumentou o percentual de resíduo de lama vermelha, percebeu-se a mudança de cor para uma cor verde musgo. Todos os vidrados apresentaram brilho, acabamento liso e efeito craquelado.

Dando continuidade aos vidrados com a adição do resíduo de lama vermelha, realizou-se um teste das composições com pó de vidro azul com um percentual de lama vermelha (BA70A20L e TA70A2OL) e sem a lama vermelha (BA70A e FA70A) submetidos a queima na temperatura de 900 °C, para comparação de cores e efeitos. A Figura 39 apresentam-se as peças cerâmicas pintadas com as composições (BA70A20L e TA70A2OL) e (BA70A e FA70A) e os vidrados após a queima na temperatura de 900 °C.

Figura 39 – (A) – Peças cerâmicas pintadas com as composições (BA70A20L e TA70A20L) e (BA70A e FA70A); (B) –Vidrados após a queima na temperatura de 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

É bastante perceptível a diferença de cores entre as composições, somente com resíduo de vidro azul (BA70A e TA70A), das composições com adição de lama vermelha (BA70A20L e TA70A20L). Ambas as composições mostraram resultados satisfatórios, as composições com lama vermelha apresentaram cores bem distintas e uniformes.

Na composição TA70A, a pintura apresentou uma coloração azul claro, enquanto a BA70A exibiu uma coloração branca. Após a queima a TA70A revelou uma cor azul intensa e efeito craquelado, enquanto a BA70A mostrou uma tonalidade de azul menos intensa.

Os vidrados provenientes da lama vermelha o BA70A20L após a pintura, apresentou uma cor vermelha e após a queima, uma cor marrom-escura e um acabamento liso, enquanto o TA70A20L após a pintura, revelou uma cor cinza e após a queima uma cor verde musgo e com aspecto poroso e com pouco brilho.

As composições com adição de lama vermelha representada pelos seguintes códigos (BA70A20L e TA70A20L), foram submetidas a queima de 900 °C, foram submetidas a queima na temperatura de 950 °C, conforme Figura 40.

Figura 40 – (A) – Peça cerâmica pintada com as composições (BA70A20L e TA70A20L); (B) – Vidrados após a queima na temperatura de 950 °C



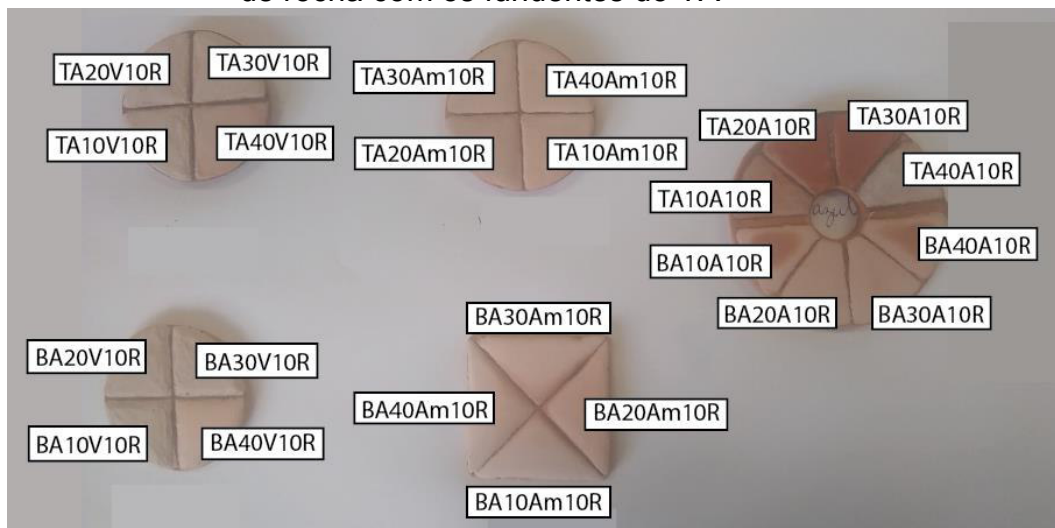
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Ambas as composições mostraram bons resultados, a composição BA70A20L observou-se que, na queima de 900 °C a cor verde musgo se apresentou mais opaca e com tonalidade uniforme, e na temperatura de 950 °C o vidrado apresentou mais brilho, quanto a tonalidade, não se revelou uniforme, aparecendo cores diferentes no vidrado. A composição TA70A20L na queima de 900 °C resultou em um vidrado liso, com brilho, com uma cor marrom-escuro uniforme, enquanto na queima de 950 °C resultou em um vidrado rugoso, apresentando cores diferentes que variam do cinza claro a marrom.

Optou-se por deixar o resíduo de pó de rocha constante de 0,10 g e aumentou a quantidade de pó de vidro de 10 % a 40 % para todos as tonalidades de vidros (verde, azul e âmbar). As seguintes composições com o fundente BBA (BA10V10R, BA20V10R, BA30V10R, BA40V10R; BA10A10R, BA20A10R, BA30A10R, BA40A10R; BA10Am10R, BA20Am10R, BA30Am10R, BA40Am10R) e as seguintes composições com o fundente FTA (TA10V10R, TA20V10R, TA30V10R, TA40V10R; TA10A10R, TA20A10R, TA30A10R, TA40A10R; TA10Am10R, TA20Am10R, TA30Am10R, TA40Am10R) foram pintadas e submetidas a temperatura de 950 °C. Na Figura 41 apresentam-se as peças após pintura com essas composições.



Figura 41 – Peças cerâmicas após pintura com as composições com resíduos de rocha com os fundentes do BA e as composições com resíduos de rocha com os fundentes do TA



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As peças pintadas apresentaram poucas variações de cores, com uma camada de cobertura de espessura uniforme.

As peças cerâmicas com as composições com resíduos de rocha com os fundentes do BA e as composições com resíduos de rocha com os fundentes do TA após a queima na temperatura de 950 °C, conforme a Figura 42.

Figura 42 – Vidrados após sinterização de 950 °C das composições de as composições com resíduos de rocha com os fundentes do BA e as composições com resíduos de rocha com os fundentes do TA



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

É perceptível uma pequena variação de cor no resultado, todas as composições com o fundente BBA a cor do vidrado revelou-se com pequenas

variações da cor cinza, com o aumento de pó de vidro ocorreram variações de tonalidade, algumas apresentaram-se um acabamento liso, outros porosos. As composições do BA20V10R e BA20Am10R, apresentaram rachaduras nos vidrados. As rachaduras podem ser utilizadas como efeito nos produtos cerâmicos.

Enquanto o fundente FTA algumas composições mostraram-se uniformes de (TA10V10R, TA20V10R, TA30V10R, TA40V10R; TA10Am10R, TA20Am10R, TA30Am10R, TA40Am10R) e não uniformes (TA10A10R, TA20A10R, TA30A10R, TA40A10R). Todos os vidrados apresentaram brilho.

#### 4.6 TESTE DE BOTÃO DE ESCORRIMENTO

Com os resultados do teste de queima em diferentes temperaturas foram escolhidas as melhores composições, para o teste de botão de escorrimento. O teste de botão de escorrimento foi realizado em duas placas cerâmicas e submetidos a temperaturas de 900 e 950 °C.

Para as amostras queimadas na temperatura de 900 °C, foi realizada uma avaliação visual a fim de identificar os possíveis esmaltes que escorreram, para se fazer uma comparação entre as temperaturas. A Figura 43 apresenta o resultado do botão de escorrimento na temperatura de 900 °C.

Figura 43 – Resultado do botão de escorrimento na temperatura de 900 °C

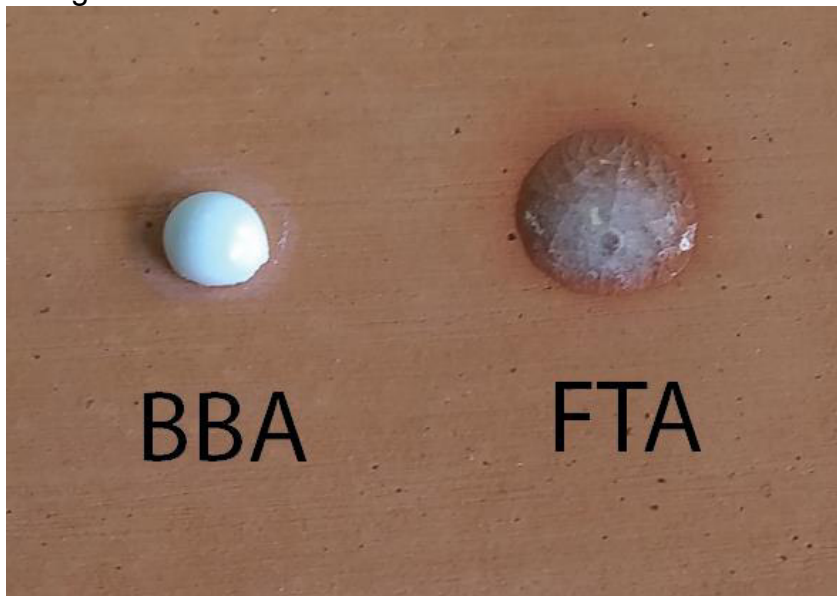


Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Após a vitrificação foi observado que, todas as composições com o fundente TA o esmalte escorreu mais incluindo as composições só com o vidro, com vidro e lama vermelha e com vidro e rocha. De todas as composições submetidas a este teste, o FTA (sem resíduo) foi o que apresentou menos

viscosidade, ou seja, escorreu mais, as composições com o fundente BBA apresentaram mais viscosidade, escorreram menos. Na Figura 44 apresenta o teste de escorrimento dos esmaltes BBA e FTA puros.

Figura 44 – Teste de escorrimento dos esmaltes BBA e FTA



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Foi observado que o FTA apresentou menos viscosidade do que o BBA, no entanto é importante observar que, as outras composições com o fundente TA (fundente com resíduo) mostraram-se mais viscosos do que o FTA (sem resíduo), revelando assim que o uso do resíduo contribui para deixar o esmalte mais viscoso, o que é considerado ideal para o vidrado/esmalte.

Após a queima no teste do botão de escorrimento na temperatura de 950 °C, foi observado os possíveis esmaltes que escorreram. A Figura 45 apresenta o resultado do botão de escorrimento na temperatura de 950 °C.

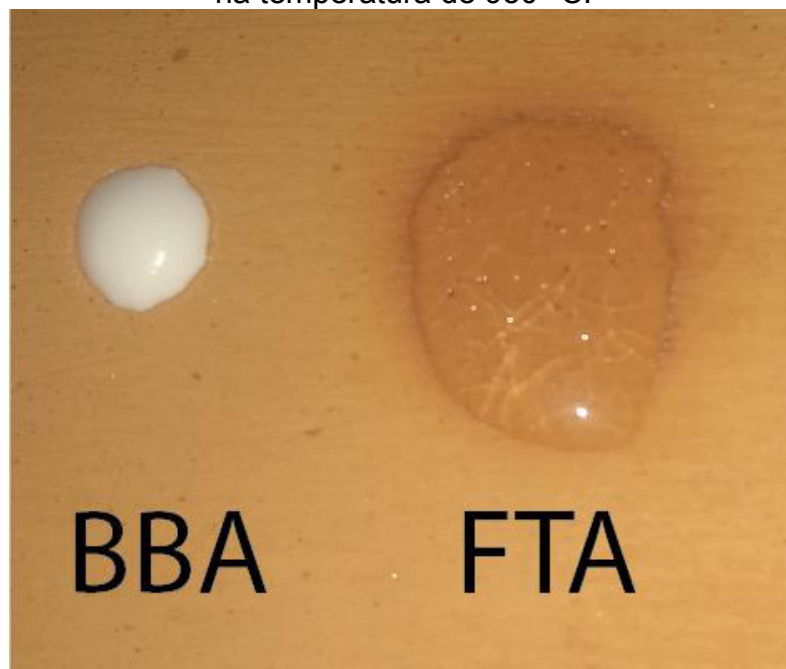
Figura 45 – Resultado do botão de escorrimento na temperatura de 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Em relação as composições puras o FTA foi o fundente que apresentou menos viscosidade pois, foi o que escorreu mais, enquanto a composição A0 apresentou mais escorrimento na temperatura de 950 °C do que temperatura de 900 °C. As composições do BBA e FTA submetidas ao teste de escorrimento na temperatura de 950 °C, conforme a Figura 46.

Figura 46 – As composições BBA e FTA submetidas ao teste de escorrimento na temperatura de 950 °C.

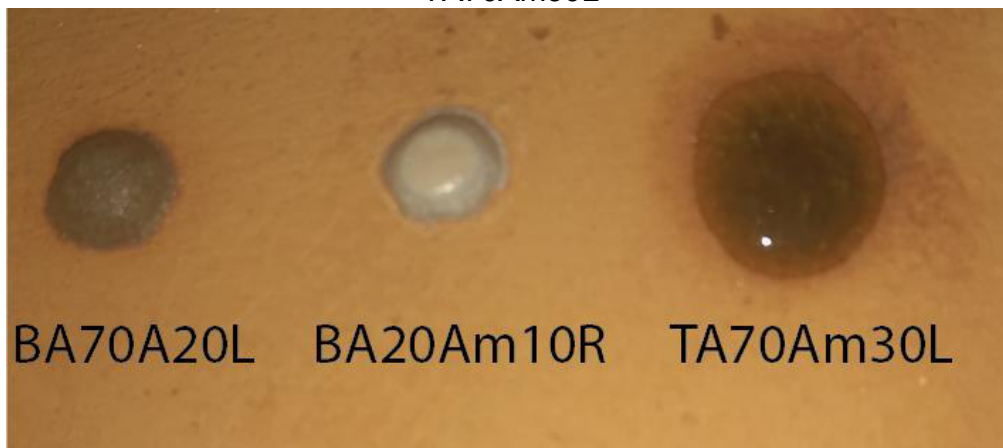


Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Após a vitrificação foi observado que, todas as composições com o fundente FTA escorreram mais (menos viscoso), incluindo as composições só com o vidro, com vidro e resíduo de lama vermelha e o vidro com resíduo de

rocha as composições com o BA não escorreram. Os vidrados das composições BA70A20L, BA20Am10R e o TA70Am30L respectivamente são apresentadas na Figura 47.

Figura 47 – Os vidrados das composições BA70A20L, BA20Am10R e o TA70Am30L



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Percebe-se que a composição TA70Am30L é proveniente do fundente FTA que escorreu mais e as composições BA70A20L e BA20Am10R são provenientes do fundente BBA, que não escorreram.

Foi observado que, a queima na temperatura de 950 °C todas as composições com o fundente FTA apresentaram menor viscosidade (escorreram mais), indicando que este fundente, escorre mais em temperaturas elevadas e que o uso com tais resíduos (vidro; rocha; lama vermelha) aumenta a viscosidade, ou seja, o esmalte escorre menos, o que é ideal para a incorporação desses resíduos nesse fundente. Com o teste de botão de corrimento concluímos que, as composições com o fundente FTA são recomendadas que sejam queimadas em temperaturas mais baixas, por exemplo na temperatura de 900 °C e que o uso dos resíduos contribui para aumentar a viscosidade (escorrer menos). Quanto as composições do BBA tiveram um resultado satisfatório nas duas temperaturas de 900 e 950 °C, indicando o seu uso nas duas temperaturas.

#### 4.7 RESISTÊNCIA A FLEXÃO

O teste de resistência a flexão foi realizado com as composições que apresentaram os melhores resultados em relação a intensidade da cor, do brilho e cobertura uniforme. A Figura 48 apresenta os corpos de prova submetidos ao teste de flexão.

Figura 48 – Os corpos de prova submetidos ao teste de flexão



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Os materiais que foram submetidos ao teste de flexão juntamente com seus respectivos resultados são apresentados na Tabela 18.



Tabela 18 – Materiais submetidos ao teste de flexão

<b>Materiais</b>	<b>Temperatura de queima °C</b>	<b>RF (Mpa)</b>	<b><math>\epsilon_f</math> (%)</b>
<b>S.E</b>	900	11,22	1,45
<b>S.E</b>	950	10,8	0,43
<b>BBA</b>	900	6,10	1,75
<b>BBA</b>	950	3,76	0,43
<b>BA70Am</b>	900	6,87	1,76
<b>BA70Am</b>	950	7,20	0,96
<b>FTA</b>	900	5,09	1,14
<b>FTA</b>	950	7,02	1,01
<b>TA70V</b>	900	6,78	1,36
<b>TA70V</b>	950	7,21	0,83
<b>TA70A</b>	900	7,49	0,98
<b>TA70A</b>	950	6,40	0,90
<b>TA70Am</b>	900	5,06	1,12
<b>TA70Am</b>	950	7,45	0,82
<b>BA20V10R</b>	900	3,86	1,41
<b>BA20V10R</b>	950	4,76	1,44
<b>BA70A20L</b>	900	6,02	1,73
<b>BA70A20L</b>	950	5,60	2,93
<b>TA70A20L</b>	900	5,34	1,72
<b>TA70A20L</b>	950	3,84	0,78

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Em média o comportamento dos materiais submetidos ao teste de resistência a flexão foi próximo. Os materiais SE (sem esmalte) apresentaram-se mais resistentes do que os com esmaltes, pois as peças vitrificadas que contêm os resíduos de vidro, tendem a ter uma resistência menor devido o vidro ter comportamento frágil. As composições BBA submetidas a queima em diferentes temperaturas, mostrou-se mais resistente na temperatura de 900 °C do que na temperatura de 950 °C. Enquanto as composições FTA, o resultado foi oposto, os esmaltes mostraram-se mais resistente na temperatura de 950 °C

do que na de 900 °C, no entanto o teste do botão de escorrimento, mostrou que este esmalte é recomendado na temperatura de 900 °C porque escorre menos.

Os vidrados que apresentaram uma resistência mais próxima dos SE são o TA70A a 900 °C; TA70Am a 950 °C; TA70V a 950 °C; BA70Am a 950 °C; FTA a 950 °C; BA70Am a 900 °C; TA70A a 950 °C; BBA a 900 °C e BA70A20L a 900 °C. Percebe-se que a maioria dos esmaltes que apresentaram resistência foram na temperatura de 950 °C, pois quanto mais elevada a temperatura mais resistentes são os vidrados. Contudo, o esmalte que mais chegou perto dos dados do SE foi a composição TA70A a 900 °C.

#### 4.8 TESTES DE PINTURA

##### 4.8.1 Pintura por imersão

Na pintura por imersão foram utilizadas uma carranca, uma saboneteira e um pingente, todos com a composição do TA70V, pois esta composição apresentou uma boa resistência na temperatura de 900 °C e uma boa cobertura, as etapas de emergir a peça na composição e após imersão, estão apresentadas na Figura 49.

Figura 49 – (A) – Imergindo a carranca na composição TA70V; (B) – Carranca após a imersão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa técnica de pintura apresentou alguns problemas, pois a cerâmica não absorvia de modo satisfatório a água da composição formando uma camada de espessura adequada, então essa técnica foi realizada várias vezes para se formar uma camada com espessura mais grossa, lembrando que materiais

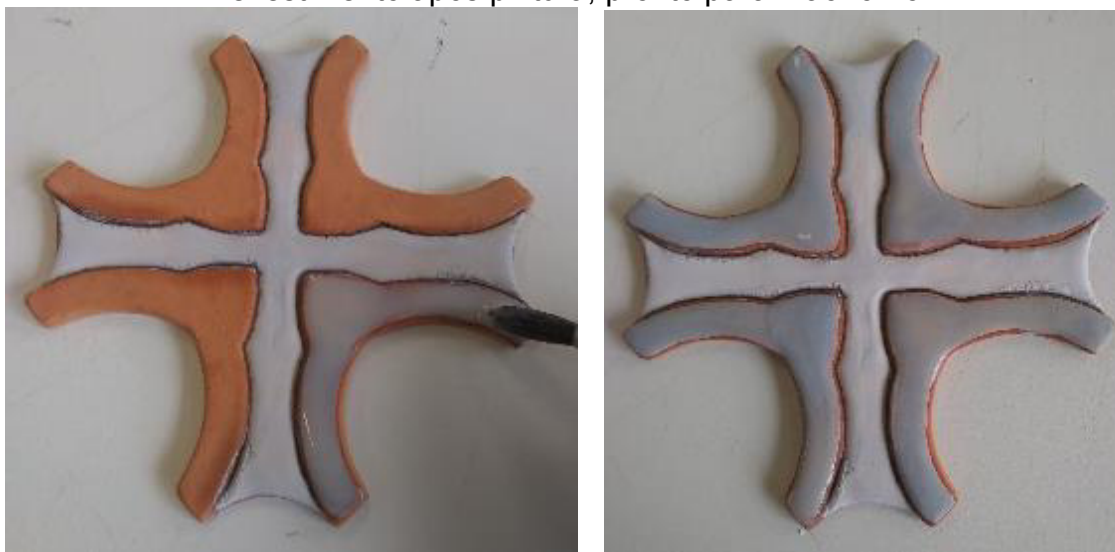


orgânicos são mais difíceis de serem pintados e que essa técnica também se gasta mais material.

#### 4.8.2 Pintura com pincel

Para a realização da pintura com pincel foi utilizado um revestimento de parede. A composição do centro é o TA70A, essa composição apresentou o melhor resultado na resistência a flexão na temperatura de 900 °C, nas extremidades o BA70A, esta composição apresentou uma boa cobertura e uma cor satisfatória em relação a algumas cores. As peças sendo pintada com a técnica do pincel e a peça após a pintura são apresentadas na Figura 50.

Figura 50 – (A) – Revestimento cerâmico sendo pintado com BA70A; (B) – Revestimento após pintura, pronto para ir ao forno



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A técnica de pincel foi fácil de ser aplicada, a composição aderiu bem ao material cerâmico plano, formou-se uma boa camada de espessura da tinta, não houve problemas com a delimitação com o lápis e a outra composição.

#### 4.8.3 Pintura com pistola

Na pintura com pistola foi utilizado um vaso cerâmico e uma carranca, a composição utilizada nas peças foram TA70Am, porque esta composição apresentou um resultado satisfatório em relação a cor e têm uma resistência razoável de acordo com o teste resistência a flexão, conforme Figura 51.

Figura 51 – Vaso cerâmico sendo pintado com pistola



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O teste de pintura com pistola apresentou algumas dificuldades pois, não se conseguiu fazer uma boa camada de espessura da tinta na peça, lembrando que o vaso é uma peça com formato orgânico, por isso é mais difícil sua pintura. Gastou-se muito material nesse teste de pintura.

#### 4.9 VITRIFICAÇÃO NO FORNO ELÉTRICO

As peças foram pintadas com diferentes técnicas (pincel, pistola e imersão) e as composições são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Testes submetidos ao forno elétrico


<b>Testes submetidos ao forno elétrico</b>		
<b>Técnicas de pintura/</b>	<b>Produtos pintados</b>	<b>Composição</b>
Pistola		<b>Vaso/carranca:</b> TA70Am
Imersão		<b>Carranca/saboneteira/</b> <b>Pingente folha:</b> TA70V
Pincel		<b>Revestimento:</b> foi utilizado no centro o TA70A, nas extremidades o BA70A; <b>Pingente:</b> BA20V10R no centro, depois o BA70A20L e na extremidade o TA70A20L.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Após a pintura das peças por diferentes técnicas elas foram colocadas no forno elétrico e foram submetidas a um patamar de queima a 900 °C, durante 20 minutos. Na Tabela 19 a seguir apresenta o resultado da queima das peças no forno elétrico.

Tabela 20 – Resultado das peças queimadas no forno elétrico

<b>Testes queimadas no forno elétrico</b>		
<b>Técnicas de pintura</b>	<b>Produtos queimados à 900 °C/ Composição</b>	<b>Observação</b>
Pistola	 <p style="text-align: center;"><b>Vaso/carranca: TA70Am</b></p>	<p>As composições apresentaram um resultado bom em relação ao brilho, contudo, no que se refere a cor, na técnica de pistola a cor não se apresentou intensa, quanto na técnica do pincel. Ambas as peças são orgânicas, o que dificultou sua pintura, na carranca a cor se intensificou nas cavidades da peça.</p>
Imersão	 <p style="text-align: center;"><b>Carranca/saboneteira/pingente folha/pingente redondo: TA70V Pingente: TA70A20L</b></p>	<p>De modo geral todas as composições apresentaram um resultado razoável em relação ao brilho, as cores não ficaram intensas. A técnica de pintura por imersão foi difícil, porque a cerâmica não absorvia a água da composição fazendo uma camada com uma espessura adequada de tinta nas peças, o que também dificultou foram que, algumas peças por terem formato orgânico, a composição escorria muito da cerâmica. A composição que deu melhor resultado foi a</p>

	<p>TA70A20L em relação a uniformidade da cor e uma boa cobertura, contudo apresentou menos brilho que as demais.</p>
<p>Pincel</p>  <p><b>Revestimento:</b> foi utilizado no centro o TA70A, nas extremidades o BA70A;</p> <p><b>Pingente:</b> HR1 BA20V10R no centro, depois o BA70A20L e na extremidade o TA70A20L.</p>	<p>Ambas as composições apresentaram um bom resultado em relação a uniformidade da cor, pois apresentou-se mais intensa, fez uma boa cobertura. Quanto ao brilho, os vidrados do revestimento BA70A e TA70A apresentaram mais brilho. Os vidrados do pingente, BA70A20L e TA70A20L mostraram-se mais porosos e com menos brilho, e o BA20V10R mostrou-se mais liso e com mais brilho. Em relação as demais técnicas de pintura a com pincel não houve problemas em sua aplicação.</p>

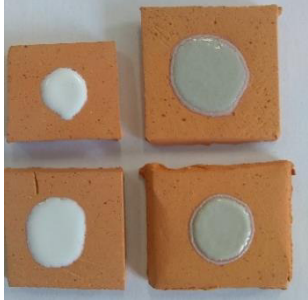

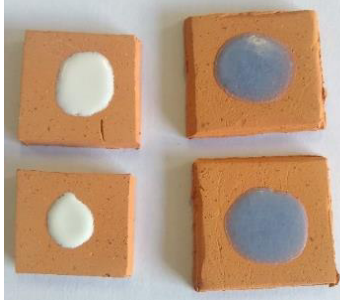

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

De modo geral todos os testes apresentaram um resultado satisfatório, contudo, a técnica por pincel foi a que apresentou melhor resultado em relação a intensidade da cor, o brilho, cobertura e não houve problemas em sua aplicação. Quanto às técnicas de imersão e pistola não apresentaram uma cor intensa, quanto ao brilho dos vidrados a maioria das composições apresentaram brilho, contudo as duas técnicas apresentaram problemas em suas aplicações.

#### 4.10 ANÁLISE VISUAL

Na análise visual dos testes em temperaturas diferentes se observou que, existem variações de tonalidades de cor e brilho dos vidrados, foram colocadas as composições do fundente BBA (sem resíduo) e as composições com adição de 70 % pó de vidro (verde, azul e âmbar) para comparação e análise visual nas temperaturas de 900 e 950 °C, (Tabela 20).

Tabela 21 – Diferenças das cores dos vidrados com resíduos de pó de vidro colorido nas temperaturas de 900 e 950 °C

Comparações das composições queimadas com BBA e com resíduos de vidro		
Queimadas à 900 °C/ Códigos	Queimadas à 950 °C/ Códigos	Observações
 <p>Esquerda: BBA (sem resíduo) Direita: BA70V</p>	 <p>Esquerda: BBA Direita: BA70V</p>	<p>Para a composição BA70V ambas apresentaram um bom resultado, no entanto a cor ficou mais intensa na temperatura de 950 °C, o que não é esperado, comparada às outras composições nessa temperatura. Na temperatura de 900 °C, apresentou um contorno ao redor do vidrado.</p>
 <p>Esquerda: BBA (sem resíduo) Direita: BA70A</p>	 <p>Esquerda: BBA Direita: BA70A</p>	<p>A composição BA70A na temperatura de 900 °C a cor do azul ficou mais intensa, a cobertura ficou uniforme, enquanto na temperatura de 950 °C a cor mostrou-se menos intensa do que na temperatura de 900 °C e apresentou um pouco rugoso, com alguns pontos brancos.</p>





Esquerda: BBA (sem  
resíduo)  
Direita: BA70Am



Esquerda: BBA  
Direita: BA70Am


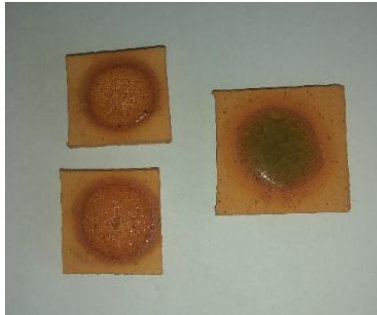
As composições BA70Am apresentaram resultados satisfatórios, nas duas temperaturas a cor mostrou-se opaca. Na temperatura de 950 °C, apresentou alguns pontos brancos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O resultado da tabela mostrou que, os melhores resultados foram das composições que queimaram na temperatura de 900 °C, só a composição BA70Am, que queimou na temperatura de 950 °C onde apresentou um resultado equivalente ao da temperatura de 900 °C. A composição BA70A na temperatura de 950 °C apresentou alguns pontos brancos no vidrado, no entanto essa mesma composição na temperatura de 900 °C apresentou um resultado bom em relação a cor mais intensa, uma boa cobertura e o brilho. De modo geral percebeu-se que as composições submetidas à temperatura mais baixas como a de 900 °C as cores ficaram mais intensas do que as composições vitrificadas na temperatura de 950 °C.

A análise visual e as observações das composições do fundente FTA, são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Diferenças das cores dos vidrados com resíduos de pó de vidro colorido nas temperaturas de 900 e 950 °C

<b>Comparações das composições queimadas do FTA e com resíduos de vidro</b>		
<b>Queimadas à 900 °C/ Códigos</b>	<b>Queimadas à 950 °C/ Códigos</b>	<b>Observações</b>
		<p>A composição TA70V apresentou um resultado razoável nas duas temperaturas, contudo na temperatura de 950 °C apresentou bordas escuras ao redor do vidrado, a cor do verde ficou mais intensa, o que não é</p>

Esquerda: FTA (sem  
resíduo)  
Direita: TA70V

Esquerda: FTA  
Direita: TA70V

esperado, pois as temperaturas mais baixas as cores dos vidrados têm se apresentado mais intensa. Ambas as composições apresentaram uma boa cobertura além de brilho e efeito craquelado.



Esquerda: FTA (sem  
resíduo)  
Direita: TA70A



Esquerda: FTA  
Direita: TA70A

A composição TA70A apresentou um resultado satisfatório em relação a cor e ao brilho nas duas temperaturas, contudo, na temperatura de 900 °C a cor do azul ficou mais intensa, do que na temperatura de 950 °C, ambas apresentaram uma boa cobertura e brilho.



Esquerda: FTA (sem  
resíduo)  
Direita: TA70Am



Esquerda: FTA  
Direita: TA70Am

A composição TA70Am apresentou um resultado satisfatório em relação a cor e o brilho nas duas temperaturas, contudo na temperatura de 900 °C a cor do âmbar ficou mais intensa, do que na temperatura de 950 °C, ambos os vidrados apresentaram, uma boa cobertura, aspecto liso e efeito craquelado.




Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Neste fundente percebeu-se que as composições submetidas à temperatura mais baixas como a de 900 °C as cores ficaram mais intensas do que as composições queimadas na temperatura de 950 °C, o que contribui muito para os trabalhos dos artesãos, resultando na economia de energia durante o processo de vitrificação. As composições submetidas à temperatura de 950 °C apresentaram uma borda mais escura ao redor do vidrado.



Na Tabela 23 abaixo se encontra outras composições utilizando pó de vidro com proporções diferentes de pó de rocha.

Tabela 23 – Composições queimadas utilizando pó de vidro juntamente com o pó de rocha

<b>Composições queimadas à 950 °C/códigos</b>	<b>Observações</b>
 <p data-bbox="352 875 518 913"><b>BA20V10R</b></p>	<p>A composição BA20V10R apresentou um resultado satisfatório em relação ao brilho e uniformidade da cor, além de ter um bom acabamento e uma boa cobertura. A cor cinza apresentou-se uniforme, comprovando assim a uniformidade da cor do vidrado.</p>
 <p data-bbox="352 1279 518 1317"><b>BA40V5R</b></p>	<p>A composição BA40V5R apresentou rachaduras no centro do vidrado, pode estar relacionado a dilatação, o que pode ser considerado um efeito para os ceramistas. Em relação a cor cinza, mostrou-se uniforme. O vidrado mostrou-se com pouco brilho e fez uma boa cobertura.</p>
 <p data-bbox="336 1697 534 1736"><b>BA40Am20R</b></p>	<p>A composição BA40Am20R apresentou rachaduras nas bordas do vidrado, além da variação de cores no vidrado e aspecto poroso. No centro do vidrado predominou a cor marrom que lembra a cor âmbar do vidro e nas bordas a cor cinza, apesar disso o vidrado apresentou brilho e uma boa cobertura.</p>

**TA30V10R**

A composição TA30V10R apresentou um resultado satisfatório em relação ao brilho, em relação a cor, ocorreu variação de cores no vidrado. Para este fundente a cor não se apresentou uniforme, comprovando assim que não houve a unificação da cor verde proveniente do vidro com a cor marrom do proveniente do pó de rocha. Observe que existe uma mancha bem suave no vidrado proveniente do pó de pedra. Além da presença de uma borda com espessura larga na cerâmica ao redor do vidrado.

**TA40V5R**

A composição TA40V5R apresentou um resultado satisfatório em relação ao brilho, a cor, a cobertura. Como foi utilizado pouca quantidade de pó de rocha, a cor predominante é verde proveniente do resíduo de vidro utilizado nessa composição. Como é utilizado baixo percentual de resíduo de vidro verde a cor verde se apresentou menos intensa. Este vidrado mostrou-se também com efeito craquelado.

**TA60Am20R**

A composição TA60Am20R apresentou um resultado satisfatório em relação ao brilho e cobertura, ocorreu variação de cores no vidrado. Para este fundente a cor não se apresentou uniforme, comprovando assim que não houve a unificação da cor verde proveniente do vidro com a cor proveniente do pó de rocha. Os artesãos podem usar isso como um efeito em seus produtos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Os experimentos apresentaram resultados satisfatórios quanto a utilização do pó de rocha nas composições com vidro. Algumas composições apresentaram resultados bem interessantes para os ceramistas pois, além do brilho, efeitos craquelados e rachaduras presentes nos vidrados. Com relação as cores, algumas composições as cores se unificaram formando uma outra cor, outras não se unificaram formando manchas/efeitos no centro dos vidrados.

Com o resultado desse teste escolheu-se algumas composições para se fazer outro teste com o aumento do resíduo de rocha e lama vermelha para avaliar possíveis mudanças de cor em temperaturas diferentes Tabela 24.

Tabela 24 – Composições queimadas em diferentes temperaturas com variações de pó de rocha e lama vermelha

Queimadas à 900 °C/ Códigos	Queimadas à 950 °C/ Códigos	Observações
		<p>As composições queimadas a 900 °C, as cores se apresentaram opacas, e com tons de marrom a medida que foi aumentando o percentual do resíduo de rocha, na sinterização de 950 °C, os vidrados apresentaram uma variação de cor e perda de brilho com o aumento do percentual de pó de rocha, no entanto, elas têm mais brilho do que na temperatura de 900 °C as cores variam de tons de cinza e marrom.</p>
		<p>As composições na temperatura de 900 °C, as cores do vidro e da lama vermelha se unificaram formando uma cor verde escuro, diferente da cor apresentada na temperatura de 950 °C, as cores não se unificaram apresentando algumas manchas presentes no esmalte. Ambas as composições apresentaram brilho e efeito craquelado.</p>
<p>O BA70A20L na temperatura de 900 °C, apresentou uma tonalidade</p>		



de marrom, com pouco brilho, na temperatura de 950 °C essa composição apresentou-se porosa, quanto a cor, se apresentou variações de cores.

O TA70A20L na temperatura de 900 °C a cor se apresentou fosca, uma cor verde musgo, já na temperatura de 950 °C, a cor verde apresentou-se com mais brilho;

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Os resultados da tabela mostraram as diferenças existentes entre o aumento do percentual de pó de rocha e lama vermelha em diferentes temperaturas. As cores e tonalidades apresentadas nesta tabela mostraram resultados relativamente satisfatórios e bem distintos com relação ao brilho, cor, efeitos (rugoso), opacidade presentes nos vidrados.

Após a análise visual organizou-se uma paleta de cores para melhor visualizar estes vidrados. As paletas de cores foram separadas por características/efeitos comuns entre os vidrados desenvolvidos nesta pesquisa.

#### 4.11 PALETAS DE CORES

Diante da variação de efeitos presentes nos vidrados/esmaltes desenvolvidos com os resíduos sólidos (vidro, rocha e lama vermelha), fez-se necessário criar algumas paletas de cores, que ressaltassem as principais características comuns entre os vidrados, tais como: efeitos craquelados, textura lisa, rugosa, entre outras observadas nesta pesquisa. Na Figura 52 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 900 °C.

Figura 52 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 900 °C

### Vidrados com efeito craquelado 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa paleta de cores, agrupa os vidrados com efeito craquelado na temperatura de 900 °C, pode-se observar a variedades de cores e tamanhos das rachaduras (craquelados) existentes nos vidrados/esmaltes desenvolvidos nesta pesquisa. Quanto as cores, estas variam de tons mais claros à tons mais escuros, ao total foram 25 vidrados nessa categoria nas tonalidades de azul, verde, âmbar e marrom.

Na Figura 53 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado com contração na temperatura de 900 °C.



Figura 53 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado com contração na temperatura de 900 °C

## Vidrados com efeito craquelado com contração 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa paleta de cores é pequena pois, foram somente duas composições que apresentaram esse efeito de contração no vidrado. Foram as composições de TA30A e TA50A, as quais têm resíduo de vidro azul, outro fator importante é que esse efeito se manifestou somente nessas composições e na temperatura de 900 °C. Em relação a cor dos vidrados, ambas as cores são mais intensas e o brilho continua igual as demais que não se contraíram.

Na Figura 54 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 950 °C.

Figura 54 – Paleta de cores dos vidrados com efeito craquelado na temperatura de 950 °C

### Vidrados com efeito craquelado 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa paleta de cores, agrupa os vidrados com efeito craquelado na temperatura de 950 °C, nessa categoria foram agrupados 41 vidrados, pode-se observar que a variação de cores é bem maior do que na temperatura de 900 °C, no entanto as cores são menos intensas na temperatura de 950 °C, quanto ao efeito craquelado, pode-se observar que os vidrados apresentam uma variedade de tamanhos de fissuras formando assim vários desenhos que remete a mosaicos nos vidrados.

Na Figura 55 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 900 °C.

Figura 55 – Paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 900 °C

### Vidrados com textura lisa 900 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa paleta de cores, agrupa os vidrados com textura lisa na temperatura de 900 °C. A textura lisa é um efeito mais comum entre os vidrados, é muito utilizado pelas indústrias cerâmicas em louças, porcelanas, revestimento de parede etc... Nessa categoria foram agrupados 23 vidrados, a maioria deles com tonalidades claras, as tonalidades mais escuras são os com resíduo de rocha.

Na Figura 56 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 950 °C.



Figura 56 – Paleta de cores dos vidrados com textura lisa na temperatura de 950 °C

### Vidrados com textura lisa 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Essa paleta de cores, agrupa os vidrados com textura lisa na temperatura de 900 °C. Observa-se que a cor predominante nesses vidrados é a variedade da tonalidade cinza. Ao total foram 12 vidrados nessa categoria.

Na Figura 57 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com textura rugosa na temperatura de 950 °C.

Figura 57 – Paleta de cores dos vidrados com textura rugosa na temperatura de 950 °C.

### Vidrados com textura rugosa 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Observou-se que os vidrados que apresentaram textura rugosa foram encontrados somente na temperatura de 950 °C, não existe essa categoria na temperatura de 900 °C. Em relação a cor, a tonalidade que predominou foi uma variação da cor cinza. Ao total foram 17 vidrados nessa categoria.

Na Figura 58 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 900 °C.

Figura 58 – Paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 900 °C

### Vidrados com rachaduras 900 °C

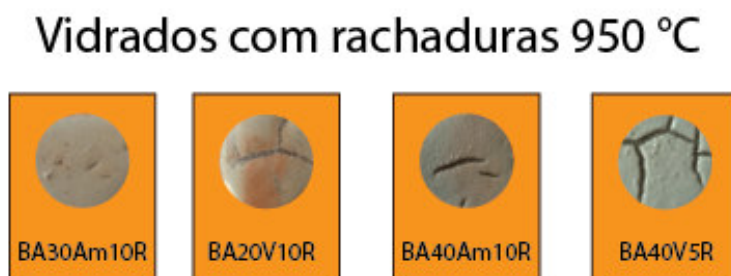


Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Nessa categoria foi encontrado apenas um vidrado que apresentou rachaduras na temperatura de 900 °C. As rachaduras podem ser utilizadas como efeito pelos ceramistas, deixa as peças cerâmicas mais rústicas.

Na Figura 59 se apresenta a paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 950 °C.

Figura 59 – Paleta de cores dos vidrados com rachadura na temperatura de 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Na temperatura de 950 °C foram encontrados quatro vidrados com rachaduras, algumas mais profundas e outras mais superficiais. Um número maior do que na temperatura de 900 °C. Quanto a cor, são variações de tonalidade cinza.

Ao final da pesquisa obtivemos sete paletas de cores com características encontradas nos vidrados desenvolvidos com resíduos (vidro, rocha e lama vermelha), nas temperaturas de 900 e 950 °C aptos para serem utilizados em produtos cerâmicos.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto no trabalho conclui-se que é possível o desenvolvimento de vidrados utilizando os resíduos de vidros Sílica-cal-soda (verde, azul e âmbar) em diferentes percentuais com os fundentes Banco Brilhante alcalino e Fundente Transparente Alcalino.

Os resultados mostraram que as composições desenvolvidas com os resíduos (vidros, rocha e lama vermelha) são aptas para o desenvolvimento de vidrados e queimados no forno elétrico nas temperaturas de 900 e 950 °C, dependendo do efeito que se busca.

O teste em diferentes temperaturas mostrou que os vidrados apresentam variação de cores, brilho e textura. Constatou-se também que na temperatura de 900 °C as cores dos vidrados mostram-se mais intensas do que na temperatura de 950 °C. Outras questões como a viscosidade do esmalte e a resistência foram avaliadas em função da temperatura.

Em relação ao teste de botão de escorrimento identificou-se que, todas as composições com o fundente TA escorrem mais na temperatura de 950 °C do que na temperatura de 900 °C, contudo, a composição FTA (sem resíduo) foi o que escorreu mais, recomendando-se seu uso e as demais composições do FTA na temperatura de 900 °C, pois constatou-se que seu uso auxilia no aumento da viscosidade desse fundente e os resíduos de rocha e lama vermelha contribui para a variação de cores.

Na avaliação do teste de resistência a flexão, os materiais SE (sem esmalte) apresentaram-se mais resistentes do que as composições com esmaltes. Enquanto, no teste de botão de escorrimento o FTA é recomendado na temperatura de 900 °C por causa da viscosidade, o mesmo mostrou-se mais resistente na temperatura de 950 °C. Observou-se que, os vidrados com resíduos não apresentaram valores próximos aos SE, visto que o vidro tem um comportamento frágil, pois é uma característica da sua natureza. Até os esmaltes sem resíduos BBA e FTA não conseguiram atingir o mesmo patamar dos materiais sem esmaltes.

Nos testes de pintura identificou-se que os testes por imersão e pistola apresentaram alguns problemas quanto sua aplicação, principalmente na formação de camada. A pintura com pincel além de apresentar o melhor

resultado em relação as cores mais intensas, brilho, melhor cobertura após sinterização, não revelou problemas em sua aplicação.

Quanto as composições que apresentaram os melhores resultados podem-se separar por características tais como:

- a) Cores intensas: BA70A; TA70V; TA70A; TA70Am; TA70Am10L; TA70Am20L; TA70Am30L à 900 °C;
- b) Mais brilho: BA20V10R; TA30V10R; TA40V5R; TA60Am20R; TA70A20L à 950°C e TA70V; TA70A; TA70Am à 900 °C, ambas as temperaturas TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L;
- c) Porosas: BA70A20L à 900°C e BA70A20L; TA70A20L à 950 °C;
- d) Opacas: BA70Am; BA20V10R; BA20V20R; BA20V30R; BA20V40R; BA20V50R à 900 °C e BA70Am; BA20V30R; BA20V40R; BA20V50R à 950 °C
- e) Craquelados: TA70Am; TA70Am10L; TA70Am20L e TA70Am30L à 900 °C e TA70Am e TA40V5R à 950 °C.

Ao final desta pesquisa obteve-se sete paletas de cores totalizando 125 vidrados/esmaltes desenvolvidos com resíduos sólidos (vidro, rocha e lama vermelha), queimados no forno elétrico nas temperaturas de 900 e 950 °C. As paletas de cores foram divididas em características comuns entre os vidrados que foram (efeito craquelado, textura lisa, vidrados com contração, rugoso e rachaduras) ambas nas temperaturas de 900 e 950 °C, o que pode contribuir muito para o setor cerâmico local.

Além de contribuir para o meio ambiente com a utilização desses resíduos no desenvolvimento de vidrados, com esta pesquisa os ceramistas economizarão tanto nos materiais dos vidrados utilizando os resíduos (vidros, rocha e lama vermelha) quanto na economia de energia utilizada no forno para vitrificação das peças cerâmicas.

Com a conclusão desta pesquisa e com os objetivos devidamente alcançados, analisou-se algumas proposições futuras para a continuação das discussões e melhoria do desenvolvimento de vidrados com resíduos sólidos. Descritas abaixo:

- a) Teste de absorção de água para analisar quanto que essas composições absorvem de água;

- b) O desenvolvimento de uma cartilha para os ceramistas, contendo uma breve explanação sobre os vidrados, bem como, uma etapa ensinando o desenvolvimento dos vidrados desta pesquisa. Esta cartilha busca passar informações acerca do desenvolvimento dos vidrados utilizando resíduos sólidos (vidros, rochas e lama vermelha) de forma simples e de fácil compreensão para os ceramistas residentes no Estado do Maranhão;
- c) Novos estudos de desenvolvimento de vidrados com outros resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10004: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** – Classificação de resíduos sólidos, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. NBR 13818: **Associação Brasileiras de Normas Técnicas** – Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. NBR 13818: **Associação Brasileiras de Normas Técnicas** – Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 1997.

ABAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Disponível em < <http://abal.org.br/estatisticas/nacionais/aluminio-primario/producao-mensal/> > **Dados estáticos sobre a produção de alumínio primário**. Acesso em 21 de maio de 2019.

ABAL, 2010. Disponível em: <[www.abal.com.br](http://www.abal.com.br)>. Acesso em 13 de setembro de 2010.

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design**. Amsterdam: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2011, p.3,4,9, 10, 12, 54.

BARBOSA, Gisele Silva. **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 4<sup>o</sup> Edição. Volume I. Rio de Janeiro: Revista Visões, 2008.

BEYLERIAN, G. M.; DENT, A. **Ultra materials: how materials innovation is changing the world**. Kingdom: Thame & Hudson, 2007.

BRASIL. Constituição de 1988. **BRASIL**. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, p.1.

CAGLIARI, Joice; TEIXEIRA, Claudia Echevengúá; De Conto, Suzana Maria. **Minimização e reutilização de resíduos na etapa de preparação de chassi em uma indústria automobilística**. Revista Estudos tecnológicos, vol. 4, nº 3:188-203 (set/dez, 2008). Artigo. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/251065612\\_Minimizacao\\_e\\_reutilizacao\\_de\\_residuos\\_na\\_etapa\\_de\\_preparacao\\_de\\_chassi\\_em\\_uma\\_industria\\_automobilistica](https://www.researchgate.net/publication/251065612_Minimizacao_e_reutilizacao_de_residuos_na_etapa_de_preparacao_de_chassi_em_uma_industria_automobilistica) > Acesso em 03 de fevereiro de 2018.

CALEGAR, E. P; OLIVEIRA, B.F. de. Um estudo focado na relação entre design e materiais. **Revista projetica**, Londrina, V.4, nº1, p. 49-64, Jan/Jun. 2013. páginas. 50, 54, 57. Disponível em: <[www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/download/14348/13418](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/download/14348/13418)> Acesso em 27 de Junho de 2017.

CARDOSO, J.G.R.; CARVALHO, P.S.L.; FONSECA, P.S.M.; SILVA, M.M.; ROCIO, M.A.R. **A indústria do alumínio: estrutura e tendências**. Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES. Setorial, 33. p. 43-88, p.44. Biblioteca digital, 2011. Disponível em:< [www.bndes.gov.br/bibliotecadigital](http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital)>. Acesso em 22 de maio de 2019.

CARDOSO, Rafael. D. **Uma introdução a história do design**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 240p. p 219, 220, 221.

CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 2003.

CORREIA, Claudia Hac Gumz. **Reuso de Resíduo de Areia Descartada de Fundição (ADF) - Uma Avaliação Técnica e Toxicológica do Processo de Produção de Fritas Cerâmicas em Escala Laboratorial'** 17/12/2015 77 f. Mestrado em ENGENHARIA DE PROCESSOS Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Tradução de Ourcommon future. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1991.

de PÁDUA, Elisabete Matallo Marchesini; MATALLO JÚNIOR, Heitor (orgs). **Ciências Sócias, complexidade e meio ambiente: interfaces e desafios**. Campinas: Papirus, 2008. p.80.

DIAS, M. R. A. C. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação permatus**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. p.2.

DONAIRE, D. (1995). **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas.

FERREIRA, Ricardo Artur Sanguinetti. **Conformação plástica: fundamentos metalúrgicos e mecânicos**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2006.

GRANZIERA, M.L.M. **Direito Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2009.

HIND, R. A. (1999). *"The surface chemistry of Bayer process solids: a review"*, *Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*.

LIMA, Marco Antonio Magalhães. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2006, p.130.

MALISKA, Ana Maria. **Caracterização de revestimentos cerâmicos**. Curso de Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina (2000). Disponível em: <<http://www.materiais.ufsc.br/Disciplinas/EMC5731/Apostilaceramica.PDF>>. Acesso em: 7 abr. 2012.



MAYNARD, D.C. **Ceramic glazes**. London: Bórax Holdings Limited, 1980.

MANZINI, Ezio. **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade – Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E- papers, 2008.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1ª Edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002, p.23, 44, 45, 100.

MICHAELES, **Dicionário online**. Disponível em:  
<<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/res%C3%ADduo/>>. Acesso em 15 de junho de 2010.

MILLS, C. Wright. **Sobre o artesanato intelectual e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. 2009, p.76.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resíduos sólidos**. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>> acessado em 10 de agosto de 2014.

MOMBACH V.L.; RIELLA H.G.; KUHNEN N.C.; CARVALHO E.F.U. **Produção de fritas cerâmicas a partir do vidro de lâmpadas fluorescentes**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Disponível em:  
<<https://www.ipen.br/biblioteca/2006/cbecimat/12543.pdf>>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

NANDI, VITOR DE SOUZA. **Produção de Frita para Engobe a Partir de Resíduos Sólidos Gerados em Estação de Tratamento de Efluentes da Fabricação de Revestimentos Cerâmicos** 09/05/2013 80 f. Mestrado em CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

NATUME, R. Y.; SAN'T ANNA, F.S.P. **Resíduos eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. São Paulo: 3<sup>rd</sup>International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011.

PAPANEK, Victor. **Design for the real world human ecology and social change**. Chicago: Academy Chicago Publishers, 2<sup>nd</sup> ed., 1971, p.87.

PELTIER, Fabrice; SAPORTA, Henri. **Design sustentável: caminhos virtuosos**. Tradução [Marcelo Gomes]. - São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009, p.12,16.

PENIDO, Eliana; COSTA, Silvia de Souza. **Oficinas: Cerâmica SENAC**. DN. Rio de Janeiro: Ed. Senac Nacional, 1999. p. 49, 52.

PRACIDELLI, S. Estudo dos esmaltes cerâmicos e engobes. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 1/2, p. 8-20, 2008.

PRADO U.S.; SILVA L.L.; MARTINELLI J.R.; BRESSIANI J.C. **Obtenção de fritas utilizando resíduos Industriais: uso de resíduo perigoso da Indústria de Alumínio – “SPL”**. *Cerâmica Industrial*, vol. 13 (6) Novembro/Dezembro, 2008, 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/2008/13917.pdf> > Acesso em 9 dez. 2016.

RIBEIRO, S. dos S. **Placas de circuito impresso de computadores e cerâmica como revestimento de parede**. Monografia. São Luís. 2013.

RIBEIRO, Daniel Veras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158p. p.3, 19.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SÁNCHEZ, E. **Matérias primas para a fabricação de fritas e esmaltes cerâmicos**. *Cerâmica Industrial*. vol. 2, nº 3-4 (1997). Disponível em: <[http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v02n34/v2n34\\_5.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v02n34/v2n34_5.pdf)>. Acesso em 16 dez. 2016, p.32.

SANTOS, M. R. **Design e cultura: os artefatos como mediadores de valores e práticas sociais**. In: QUELUZ, M. L. P. (Org.). *Design e cultura*. Curitiba: Sol, 2005, p.15.

SEBRAE. **Relação Design e artesanato**, 2014. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/9098ce06cd35759c99dc435a9d5d356c/\\$File/4748.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/9098ce06cd35759c99dc435a9d5d356c/$File/4748.pdf) > Acesso em dezembro de 2015.

SERPA, E. C. S. N. **Obtenção de fritas cerâmicas a partir de resíduo refratário proveniente do setor metalúrgico**. Julho de 2007 f.81. p.43. Mestrado em Engenharia Química, da Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, H.C.C; BORGES JÚNIOR, L. A; BORGES, S. P. T. **Caracterização de vidrados produzidos a partir de resíduos de rochas ornamentais com aditivos fundentes e corantes**. 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 04 a 08 de Novembro de 2018, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

SORLÍ, S.; TENA, M. A., MESTRE, A.; LLUSAR, M.; MONRÓS, G. **Efeito da fase principal devitrificada sobre a microestrutura e as propriedades mecânicas de vidrados cerâmicos**. *Cerâmica Industrial*, vol.10, p. 7-13, 2005, p.7.

THACKARA, Jonh. **Plano B: o design e as alternativas viáveis em um mundo complexo**. São Paulo: Saraiva. Versar, 2008.

VEIGA, L.B.E.; VEIGA, M.M. 2005. **A simbiose industrial na redução dos resíduos sólidos**. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. Anais. Campo Grande, ABES, 2005. 1 CD-ROM