

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
IARTE
GRADUAÇÃO EM ARTES VISUAIS

LARISSA RIBEIRO PEREIRA

ESMALTE CERÂMICO DE BAIXA TEMPERATURA
a elaboração de uma paleta de cores

UBERLÂNDIA

2021

LARISSA RIBEIRO PEREIRA

ESMALTE CERÂMICO DE BAIXA TEMPERATURA
a elaboração de uma paleta de cores

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel e Licenciatura em Artes Visuais, da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientação: Prof Dr Paulo Mattos Angerami.

UBERLÂNDIA

2021

LARISSA RIBEIRO PEREIRA

ESMALTE CERÂMICO DE BAIXA TEMPERATURA
a elaboração de uma paleta de cores

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel e Licenciatura em Artes Visuais, da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientação: Prof Dr Paulo Mattos Angerami.

Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Paulo Mattos Angerami – UFU/MG

Prof. Dr. Maria Regina Rodrigues

Prof. Dr. Gilson Goulart Carrijo

UBERLÂNDIA

2021

Dedico este trabalho a todos que se encantam pelo mundo dos vidrados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a todos os professores da graduação de Artes Visuais da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por todo conhecimento compartilhado, por todo trabalho, dedicação e por me ajudarem a chegar onde estou hoje. Sou imensamente grata a cada professor que fez parte da minha trajetória na graduação e levarei os ensinamentos para a vida.

Um agradecimento especial à Prof. Dr. Maria Regina Rodrigues, que me fez apaixonar pela cerâmica, me encorajou a explorar este universo de várias formas e que acreditou em mim e nesta pesquisa desde que me viu realizando meus primeiros testes no laboratório de Cerâmica da UFU. Obrigada pela amizade, pelas trocas, pela inspiração e por continuar compartilhando comigo até hoje, mesmo fora de sala de aula. Obrigada também por aceitar o convite para ser integrante da Banca de Defesa.

Agradeço ao Prof. Dr. Gilson Goulart Carrijo, por ser tão generoso, dando enorme contribuição para esta pesquisa ao ceder seu forno elétrico para realizar a queima dos testes feitos para este trabalho. Obrigada também por aceitar o convite para integrar a Banca de Defesa.

Agradeço ao técnico do Laboratório de Graduação do Instituto de Química da UFU, Edmar Eustáquio de Souza, por disponibilizar o espaço e a balança analítica que foi fundamental para a pesagem das receitas deste trabalho.

Gratidão aos meus amigos queridos, Laís Martins, Calisson Alves, Andressa Santos, Jéssica Cadeira, Juao Aquino, Felipe Sant'Anna, Leidi, Flávia Nogueira, Keila Machado, Isadora Menezes, Mariana Elisa, Dani Dutra, Renan Marino, Márcia Maria, Iorranya Rodrigues, Larissa Cavaton e tantos outros que estiveram presentes na minha vida ao longo dos últimos anos. Obrigada por todo carinho, conexão, trocas, acolhimento e amizade, obrigada por me acompanharem durante esta jornada e me ajudarem a me tornar quem eu sou hoje.

Um agradecimento especial à minha companheira Jéssica Pagliarini e minhas amigas Mila Soares e Déborah Macedo por me ajudarem na construção deste trabalho.

Meu carinho, gratidão, respeito e admiração a todos.

“Os ceramistas, é verdade, não podem esperar ser cientistas, mas se não tentarem aprender alguma coisa sobre seus próprios materiais, ficarão para sempre no nível ‘animístico’ sem nenhum entendimento de seu próprio meio de expressão.”

Michael Cardew

LISTA DE FIGURAS

Foto 1.....	12
Foto 2.....	13
Foto 3.....	16
Foto 4.....	22
Foto 5.....	23
Foto 6.....	24
Foto 7.....	25
Foto 8.....	25
Foto 9.....	26
Foto 10.....	27
Foto 11.....	27
Foto 12.....	29
Foto 13.....	29
Foto 14.....	30
Foto 15.....	30
Foto 16.....	31
Foto 17.....	31
Foto 18.....	32
Foto 19.....	33
Foto 20.....	38
Foto 21.....	38
Foto 22.....	38
Foto 23.....	39

Foto 24.....	39
Foto 25.....	40
Foto 26.....	40
Foto 27.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.....	19
Tabela 2.....	34
Tabela 3.....	41
Tabela 4.....	41
Tabela 5.....	42
Tabela 6.....	43
Tabela 7.....	43
Tabela 8.....	44
Tabela 9.....	45
Tabela 10.....	46
Tabela 11.....	46
Tabela 12.....	47
Tabela 13.....	48
Tabela 14.....	49
Tabela 15.....	50
Tabela 16.....	51
Tabela 17.....	52
Tabela 18.....	53
Tabela 19.....	54
Tabela 20.....	55
Tabela 21.....	56
Tabela 22.....	57
Tabela 23.....	58
Tabela 24.....	59

Tabela 25.....	60
Tabela 26.....	61
Tabela 27.....	62
Tabela 28.....	63
Tabela 29.....	64
Tabela 30.....	65
Tabela 31.....	66
Tabela 32.....	67
Tabela 33.....	68
Tabela 34.....	69
Tabela 35.....	70
Tabela 36.....	71
Tabela 37.....	72
Tabela 38.....	73
Tabela 39.....	74

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	12
INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 – O QUE SÃO OS ESMALTES E CLASSIFICAÇÕES	16
1.1 CLASSIFICAÇÕES.....	18
CAPÍTULO 2 – COMPOSIÇÃO DOS ESMALTES	20
2.1 MATÉRIAS PRIMAS.....	20
2.2 FRITAS.....	20
2.3 ÓXIDOS COLORANTES E OPACIFICANTES.....	21
2.3.1 Óxido de cobalto (CoO).....	22
2.3.2 Óxido de cobre (CuO).....	22
2.3.3 Óxido de cromo verde (CrO).....	23
2.3.4 Óxido de ferro vermelho (FeO).....	24
2.3.5 Óxido de manganês (MmO).....	25
2.3.6 Óxido de níquel (NiO).....	26
2.3.7 Óxido de titânio (TiO).....	26
2.3.8 Óxido de zinco (ZnO).....	27
CAPÍTULO 3 – PROCESSOS PRÁTICOS	28
3.1 PROCESSO PRÁTICO DE INVESTIGAÇÃO DA TEMPERATURA.....	28
3.2 BASE E RECEITAS.....	33
3.2.1 Base.....	33
3.2.2 Testes lineares.....	33
3.2.3 Mescla de óxidos.....	34

3.3 PREPARAÇÃO APLICAÇÃO E QUEIMA.....	38
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISES.....	41
4.1 BASE.....	41
4.2 TESTES LINEARES.....	41
4.3 MESCLA DE ÓXIDOS.....	47
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	77

APRESENTAÇÃO

“La ceramica es el arte de las pruebas” (CHITI, 1981, p. 139)

Foi na disciplina Ateliê de Cerâmica, ministrada pela Profa. Dra. Maria Regina Rodrigues, em 2017, que tive meu primeiro contato com os esmaltes cerâmicos. Para pintar as peças que produzimos em aula, elaboramos alguns esmaltes utilizando uma receita retirada do livro Manual de esmaltes cerâmicos – Tomo 1 (1981), de Jorge Fernandez Chiti, à base de frita alcalina (material utilizado na composição de esmaltes cerâmicos), quartzo e argila, mesclando óxidos colorantes.

Eu costumava passar muito tempo no laboratório de cerâmica da UFU produzindo objetos cerâmicos que depois quis esmaltar. Não satisfeita com as cores que havíamos feito em aula, experimentei misturar os óxidos e os corantes, a fim de obter novas cores. No entanto, nesta ocasião, não houve registro de informações específicas para repetir o processo.

Foto 1: Testes iniciais

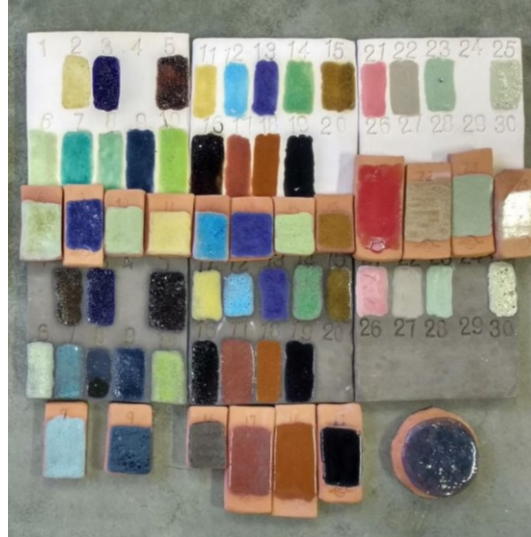


Fonte: Acervo da autora

O resultado desses primeiros experimentos foi surpreendente, havia formulado mais de 40 cores (foto 1), o que excedeu minhas expectativas largamente. Desde então, a pintura cerâmica tem me interessado. Utilizei também massas de outras cores como faiança e argila preta para verificar se havia alteração no resultado dos esmaltes (foto 2). Passei a utilizar outras técnicas para decorar as peças, como engobes, marcadores, queima de lata, a técnica mocha e continuei formulando

esmaltes, buscando refazer as misturas que deram certo e tentando outras novas, sempre encantada pelas surpresas que esse universo da cerâmica traz.

Foto 2: testes de esmaltes em diferentes argilas



Fonte: Acervo da autora

Durante todo o processo, me encontrei cada vez mais imersa e interessada na esmaltação cerâmica, assim, para dar continuidade a essa pesquisa independente e a fim de buscar mais conhecimento sobre o tema, decidi trazê-lo como proposta para o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Este trabalho me ofereceu a chance de investigar novas possibilidades de cores, além de descobrir como dar utilidade aos materiais de dentro do laboratório de cerâmica. Além disso, pude registrar o processo e resultados para gerar pontos referências para quem quiser reproduzir as receitas, democratizando o conhecimento e facilitando a entrada de outros estudantes neste universo fascinante.

INTRODUÇÃO

A cerâmica é compreendida como uma das primeiras manifestações artísticas, produzida há cerca de 10 a 15 mil anos. Os objetos modelados em argila, de uso utilitário ou artístico, se tornam cerâmica após serem queimados numa temperatura superior a 600°C, quando a água química é eliminada, a essa etapa damos o nome de queima de biscoito. O biscoito é poroso e, portanto, permeável, então, por muitas vezes, passa pela segunda etapa, que é a queima de esmaltes. O esmalte cerâmico é uma camada vítrea que recobre a superfície da peça, tornando-a impermeável, mais resistente, facilitando a limpeza, alterando seu toque e aparência, tendo também função decorativa.

Algumas atribuições que podem integrar o fazer cerâmico são pesquisar, investigar e tentar aprender sobre os materiais utilizados em seus processos. Jorge Fernandez Chiti (1992) relata que o desenvolvimento da cerâmica como atividade artística crescia em nível qualitativo, mas com ausência de um suporte teórico que possibilitasse padrões ou pontos de referência, já que a transmissão do conhecimento era passada de geração em geração, pela tradição oral, pela observação, imitação, costume e prática. Assim, existe, atualmente, a necessidade de registro dos conteúdos de forma lógica, organizada e estruturada. É nesse sentido que se dá a importância do estudo da esmaltologia, que também resgata a memória desse conhecimento milenar.

A presente pesquisa teve como objetivo principal a elaboração de uma paleta de cores de esmaltes cerâmicos de baixa temperatura (1000° C), utilizando uma receita de base transparente retirada e adaptada do livro Manual de esmaltes cerâmicos - Tomo 1 (1981), de Jorge Fernandez Chiti, feita com a frita alcalina 096, quartzo e argila São Simão. Adicionando a essa base óxidos colorantes e opacificantes disponíveis no Laboratório de Cerâmica da UFU, explorou-se as possibilidades de variações de cores por saturação e mescla desses óxidos, o que resultou em mais de 100 testes de cores.

Este trabalho também tem como intuito proporcionar uma compreensão do que é um esmalte, suas classificações e sua composição. Para as classificações, o referencial utilizado será segundo os autores Jorge Fernandez Chiti, Joaquim Chavarria, Claude Vittel e Maria Dolors Ros i Frigola. Sobre a composição, serão

apresentados os três materiais fundamentais na formulação de esmaltes, sendo eles: (i) sílica que consiste no item vitrificador; (ii) fundente, que diminui a temperatura de fusão da sílica; (iii) estabilizante, que dá dureza e estabilidade ao vidrado. Serão abordados também as fritas e os óxidos colorantes e opacificantes utilizados nesta pesquisa: óxido de cobalto, óxido de cobre, óxido de cromo verde, óxido de ferro vermelho, óxido de manganês, óxido de níquel, óxido de titânio e óxido de zinco.

Busco explicar de maneira simples uma série de processos pelos quais nós ceramistas passamos antes de queimar os objetos esmaltados, todo o procedimento deve ser feito com cautela, começando pela escolha dos materiais e temperatura da queima, passando pelo cálculo das medidas, preparação, pesagem e mescla das matérias primas, aplicação sobre os corpos de testes e, por fim, a queima.

Para a realização deste trabalho, foram feitas queimas de cones pirométricos no forno do Laboratório de Cerâmica, o que levou à descoberta de que este estava desregulado e não atingia a temperatura programada. Foram 3 queimas com cones pirométricos até que se conseguiu fazer o forno chegar a 1000°C. Após essa etapa, foram desenvolvidas mais de 100 receitas para testes, pesadas na balança analítica do Laboratório de Graduação, sala 1D01, do Instituto de Química, no bloco 1D da UFU. Essas receitas foram aplicadas em corpos de testes da argila terracota disponíveis no Laboratório de Cerâmica da UFU e na argila branca shiro, da marca Pascoal. Os primeiros testes foram de saturação, adicionando à base as quantidades de 1%, 3%, 5% e 10% dos óxidos colorantes e opacificantes. Posteriormente, foram realizados testes mesclando estes óxidos em diferentes proporções. Os resultados de todos os testes e destas explorações estão relatados ao longo deste trabalho.

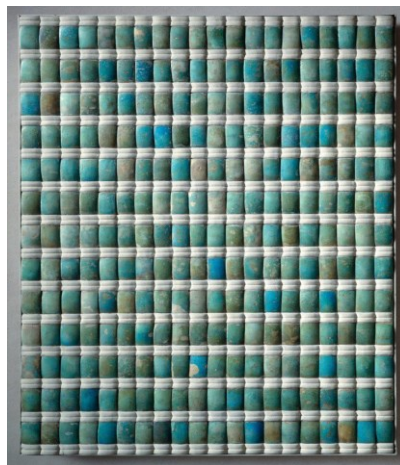
O primeiro capítulo explica o que é um esmalte e suas classificações, para subsequentemente, no segundo capítulo, explorar sua composição e as matérias primas utilizadas na formulação de uma base, bem como as fritas e os óxidos utilizados para colorir-la. Em seguida, o terceiro capítulo aborda os processos práticos de investigação: as queimas de cones pirométricos, os problemas e soluções, a formulação das receitas, a aplicação dos esmaltes sobre os corpos de testes e, por fim, a queima. O quarto capítulo apresenta uma análise dos resultados. O quinto e último capítulo traz as considerações finais.

CAPÍTULO 1 – O QUE SÃO OS ESMALTES E CLASSIFICAÇÕES

Quando o homem pré-histórico descobre o fogo e observa que com ele é capaz de endurecer vasos, todo um mundo de possibilidades se abre diante dele. [...] Essa cerâmica, queimada em temperatura muito baixa, era porosa e muito frágil. Mas o oleiro antigo busca soluções para resolver esses problemas, um deles é impermeabilizar o vaso [...] (CHAVARRIA, 2006, p. 9, tradução nossa)¹

Chavarria (2006) narra a descoberta do esmalte cerâmico entre 2000-1000 a.C na Mesopotâmia, enquanto Chiti (1992), um importante ceramólogo², afirma existir prova de objetos esmaltados desde 5.000 anos a.C, encontrados no Egito antigo, embora peças de cerâmica esmaltadas são datadas a partir de 3.500 anos a.C. Os egípcios misturavam areia ou arenito com sal, que quando levados ao fogo se fundiam. Na Foto 3 pode ser vista a representação de cerâmicas da parede dos quartos funerários do Rei Djoser, que são datadas entre os anos 2630–2611 a.C.

Foto 3: Cerâmicas da Parede dos Quartos Funerários do Rei Djoser, Egito, 2630–2611 a.C., Museu Metropolitano de Nova Iorque.



Fonte: Google Imagens

¹ *Cuando el hombre prehistórico descubre el fuego y observa que con él es capaz de endurecer las vasijas, todo un mundo de posibilidades se abre ante él. [...] Esta cerámica, cocida a muy baja temperatura, era porosa y muy frágil. Pero el alfarero antiguo busca soluciones para resolver estos problemas, uno de ellos es hacer impermeable la vasija, y lo consigue a través del bruñido, alisando y frotando la superficie de la pieza con una piedra lisa o con maderas duras.*

² Chiti (1992) explica a diferença entre a cerâmica e a ceramologia, de acordo com o autor a ceramologia é um sistema de conhecimentos organizados cientificamente que sustentam a base técnica do fazer cerâmico.

“La Ceramología consiste en un ‘saber’. Es en realidad un sistema de conocimientos cientificamente organizados, tendientes a apuntalar la base técnica que la cerámica necesita para desarrollar su actividad.”(CHITI, 1992, p. 13)

Segundo Chiti (1992), existem provas de que no Antigo Egito se utilizava objetos esmaltados:

de esteatita, já em 5000 a.C., embora peças de cerâmica esmaltada - como amuletos, escaravelhos, etc. - são datados a partir de 3500 a.C. Os ditos esmaltes consistiam em uma capa de cor turquesa, cor mística que acompanhava o significado esotérico do animal representado. [...] O esmalte primitivo era alcalino, colorido com carbonato de cobre. As coberturas plúmbicas aparecem muito mais tarde, por volta de 2.000 a.C. na Ásia (próximo ao Oriente). (CHITI, 1992, p. 75, tradução nossa)³

Ainda segundo Chiti (1992, p. 75), do esmalte usado para revestir a cerâmica, surgiria mais tarde o vidro (por volta de 2000 a.C).

Esmaltes (ou vidrados) cerâmicos são, então, uma camada vítrea, brilhante ou fosca, transparente ou opaca, lisa ou áspera, entre outras particularidades, que cobre a superfície de corpos cerâmicos. São obtidos pela combinação de minerais que após fundirem em determinada temperatura resultam num produto vidrado, que recobre a superfície porosa das peças de cerâmica tornando-as mais resistentes, tendo função impermeabilizante, e/ou decorativa. São compostos por minerais naturais derivados das rochas na superfície da crosta terrestre, substâncias extraídas de minerais e outras produzidas quimicamente.

Existem vários fatores que fazem com que um esmalte seja único, como a relação quantitativa das matérias primas utilizadas e a interação entre elas durante a queima; a origem dos ingredientes e a granulometria; a densidade do esmalte (quantidade de água) e a espessura da camada; os tipos de aplicação; a temperatura de queima; o tipo de queima; o tempo de queima e o tempo de esfriamento; a composição da argila e até mesmo o formato da peça. Por isso, se quiser reproduzir um esmalte, é importante fazer testes e registrar o máximo de informações possível.

³ No original: “Existem pruebas del uso de objetos esmaltados en el antiguo Egipto, de esteatita, ya desde el 5000 a.C., aunque piezas de ceramica esmaltada - como amuletos, escarabajos, etc. - se dan a partir del 3500 a.C. Dichos esmaltes consistian en una cubierta de color turquesa, color místico que acompañaba al sentido esoterico del animal representado. [...] El esmalte primitivo fue alcalino, coloreado con carbonato de cobre. Las cubiertas plumbicas aparecen mucho despues, hacia el 2000 a.C.”

1.1 CLASSIFICAÇÕES

Como existem diferentes variáveis sob as quais podem ser desenvolvidos esmaltes, não é uma tarefa fácil categorizá-los. Assim, nesta seção, lançamos mão de diferentes autores para levantarmos as possibilidades de classificação que existem e são mais correntes. Vejamos, então, como Maria Dolors Ros i Frigola (2005), Claude Vittel (1978), Joaquim Chavarria (2002) e Jorge Fernandez Chiti (1981) classificam os esmaltes, observando os critérios e características que estes autores utilizam.

A autora Maria Dolors i Frigola (2005), divide os esmaltes em categorias observando quatro critérios principais. Ela divide os esmaltes segundo: i) a temperatura de fusão; ii) o método de aplicação; iii) o efeito sobre o produto final; iv) a composição química.

Claude Vittel (1978), por sua vez, não se atém a tantas distinções, fazendo uma divisão mais simplista, classificando os esmaltes em três grandes grupos: os vidrados crus, as fritas e os vidrados de sal.

O terceiro autor, Joaquim Chavarria (2002) desenvolveu uma classificação um pouco mais detalhada, embora não tanto quanto a que veremos a seguir. Chavarria olhava para oito pontos em sua classificação dos esmaltes; ele os dividia em: i) cru, frita e misto; ii) Plúmbico, alcalino, feldspático, etc.; iii) temperatura (baixa, média, alta, super alta); iv) oxidantes e redutores; v) brilhantes, mates, semi-mates e acetinados; vi) transparentes e opacos; vii) lisos, ásperos e rugosos; viii) pastas de argila ferruginosas, louça, grés e porcelana.

Jorge Fernandez Chiti (1981) talvez tenha sido o autor que mais detalhadamente categorizou os esmaltes. Segundo o autor, “certos esmaltes ganharam notoriedade ao longo dos séculos, a ponto de criar arquétipos de cunho cultural. Alguns deles conseguiram entrar no campo da história da arte” (CHITI, 1981, p. 116). Fica evidente que o ceramólogo tinha nos esmaltes uma grande paixão, e sua dedicação transparece no rigor com o qual olhava para a arte dos esmaltes.

O autor trouxe uma ampla gama de critérios pelos quais classificava os esmaltes, que para melhor visualização, estão elencados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Classificação de esmaltes segundo Chiti (1981)

Critério	Subgrupos
Modo de preparação	Crus, fritas e mistos
Transparência e opacidade	Transparentes, opacos e mates
Brilho	Brilhantes, mates e semi-mates
Textura	Cristalinos, craquelados, ásperos e rugosos, etc.
Tipo	Pasta egípcia, celadon, sangue de boi, raku, de sal, coberta, etc.
Uso	Para massas comuns, para louças, para porcelana, para revestimentos, etc.
Cor	Incolor, de cor lisa ou texturada
Atmosfera do forno	Oxidantes ou redutores
Temperatura de fusão	Baixa (fundem ente 950°C e 1050°C), média (fundem entre 1080°C e 1150°C), alta (fundem entre 1150°C e 1280°C) e super alta (fundem entre 1250°C e 1400°C)
Composição química	Em baixas temperatura, classificam-se em plúmbicos e alcalinos; em altas temperaturas, podem se classificar segundo o elemento fundente predominante, podendo ser feldspáticos, de zinco ou de alto bário.
Material predominante	De cinzas, feldspáticos, de zinco, de titânio, de estanho, de bário, etc.
Modo de aplicação	De monoqueima (aplicados sobre massas que não foram biscoitadas), os que se aplica em pó seco, os que se aplicam como pasta, etc.

Nesta pesquisa, não seguimos uma classificação específica, mas sim, observando os critérios elencados por esses autores, deixamos evidente qual natureza de esmalte foi desenvolvida. Os esmaltes produzidos para essa pesquisa podem ser classificados como esmaltes alcalinos de baixa temperatura, feitos a partir de frita, cozidos em queima oxidante e esmaltados com a técnica de mergulho. Quanto às classificações referentes à cor e textura (brilho, mate, semi-mate, acetinado, transparente, opaco, liso, áspero, etc.), há variações de acordo com diferentes óxidos e proporções utilizados nas receitas.

CAPÍTULO 2 – COMPOSIÇÃO DOS ESMALTES

2.1 MATÉRIAS PRIMAS

A base para se desenvolver um esmalte cerâmico é um vidro transparente e brilhoso composto por três materiais essenciais como está delineado abaixo:

- i) **Vitrificante:** principal ingrediente, podendo totalizar mais de 50% da composição do esmalte, componente formador de vidro, encontrado em areias, argilas e cinzas de madeira. Exemplos de sílica: argila, caulim e quartzo.
- ii) **Fundente:** material que baixa a temperatura de fusão da sílica, que é 1700°C. Exemplos: feldspato, nefelina sienita, fritas alcalinas, bórax, carbonato de sódio, carbonato de cálcio, dolomita, talco, carbonato de magnésio, carbonato de bário, carbonato de estrôncio, óxido de zinco, óxido de ferro, óxido de chumbo.
- iii) **Estabilizante:** tem a função de estruturar a formulação, endurecer o vidro para que não escorra da superfície da peça, influencia na viscosidade e tornam o esmalte refratário. Exemplo: o óxido de alumínio, que melhora a adesão do esmalte à base antes da cozedura, caulins e argila, óxido de titânio, zircônia, boratos.

A base utilizada para a formulação dos esmaltes deste trabalho foi composta por 80% de frita transparente alcalina 096⁴, 15% de argila São Simão e 5% de quartzo. A partir da base começamos a colorir, opacificar e caracterizar os esmaltes.

2.2 FRITAS

A frita é um material utilizado na composição de esmaltes e pode ser considerada um esmalte pré-fundido, pois é uma mescla elaborada a partir de matérias primas brutas, as mesmas utilizadas em esmaltes crus, fundentes e vitrificantes, que passa por processos físico-químicos, como a elevação à alta temperatura, resfriamento e redução à pó, o que a torna menos solúvel em água, reduz a liberação de gases, melhora a visualização das cores e aumenta a potência de fusão do esmalte.

⁴ Fórmula química: Na₂O K₂O CaO MgO Al₂O₃ (B₂O₃) SiO₂.

Os esmaltes crus são fabricados com substâncias refratárias, fundentes e corantes crus, que são misturados e moídos antes de serem aplicados sobre o biscoito. Os esmaltes de frita são elaborados com os mesmos materiais cerâmicos que os crus, que são misturados e moídos para posteriormente serem introduzidos em um crisol dentro de um forno de frita. Quando essa massa seca se funde por ação da temperatura alcançada, por volta de 1000°C ou mais, é jogada em um recipiente com água fria, afim de que as partículas do esmalte desintegrem e possam ser facilmente moídas. As fritas são, portanto, uma espécie de vidro fundido, triturado e moído, que se deixa secar para posteriormente ser aplicado sobre as peças. (CHITI, 1981, p. 106, tradução nossa).⁵

Por reduzir o potencial de toxicidade das matérias primas utilizadas na formulação, a frita é utilizada, sobretudo na preparação esmaltes de baixa temperatura, tornando-os altamente seguros. A frita utilizada para essa pesquisa é a frita alcalina 096.

2.3 ÓXIDOS COLORANTES E OPACIFICANTES

Para colorir a base, podemos utilizar corantes, que são materiais sintéticos, produzidos em laboratórios e indústrias, através da combinação diferentes óxidos e do processo de calcinação, que produzem uma grande variação de cores. Alternativamente, podemos utilizar os óxidos, bióxidos e carbonatos, que são materiais puros. Nesse trabalho, para dar cor à base, utilizamos apenas óxidos disponíveis no laboratório de cerâmica, sendo eles o óxido de cobalto, óxido de cobre, óxido de cromo verde, óxido de ferro vermelho, óxido de manganês, óxido de níquel, óxido de titânio e óxido de zinco.

⁵ *“Los esmaltes crudos se fabrican con sustancias refractarias, fundentes y colorantes crudas, que se mezclan y se muelen antes de aplicarse sobre el bizcocho. Los esmaltes fritos se elaboran con los mismos materiales cerámicos que los crudos, los que son mezclados y molidos para ser luego introducidos en un crisol dentro de un horno de frita. Cuando esa massa seca se funde por acción de la temperatura alcanzada, alrededor de los 1000° ó más, es arrojada a un recipiente con agua fría, a fin de que las partículas del esmalte se desmenucen y después se puedan moler con facilidad. Los esmaltes fritos son, pues, una especie de vidrio fundido, desmenuzado y molido, que se deja secar para ser luego aplicado sobre las piezas”*

2.3.1 Óxido de cobalto (CoO)

O óxido de cobalto é o óxido com maior poder colorante (CHAVARRIA, 2002), produz uma coloração azul intensa quando utilizado em proporções que vão entre 0,5% e 3%. Em proporções de 5% a 10%, atinge tom azul arroxeadado. Segundo Chiti (1981), para obter um azul claro é recomendável usar na proporção de 0,2% e misturado a outros óxidos consegue esfriar as cores. Na presença do óxido de titânio apresenta azuis texturizados e não constantes.

Produz azul suave quando mesclado aos óxidos de zinco ou titânio, azul marinho quando mesclado ao óxido de cromo verde e azul turquesa quando mesclado ao óxido de cobre. Tem o tom modificado se misturado com outros óxidos como o de ferro. O óxido de cobalto apresenta-se como um pó preto ou acinzentado.

O cobalto (Co) é um metal em transição que não ocorre sozinho na natureza, mas que pode ser encontrado em diversos minerais como a cobaltita, a eritrina, a cobaltocita e a skutterudita. Este metal também está presente em meteoritos.⁶

Foto 4: Óxido de cobalto



Fonte: Google Imagens⁷

2.3.2 Óxido de cobre (CuO)

O óxido de cobre em atmosferas oxidantes produz tons verde-azulados e turquesa em bases alcalinas, sendo necessário adicionar 1,5% para tons claros e a partir de 5% para tons mais escuros, chega a tons pretos com adições maiores (CHITI, 1981). É sensível a mudanças de atmosfera no forno e tem ação fundente.

⁶ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cobalto>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

⁷ Disponível em:

<https://www.artebraismateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1405&search=%C3%B3xido&description=true&page=2>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

Produz tons mais suaves na presença do óxido de zinco, tem o tom modificado na presença dos óxidos de níquel, manganês, cobalto e ferro, sendo que com este último produz tons verde oliva. Gera tons texturizados e não constantes na presença do óxido de titânio. Apresenta-se como um pó preto.

O Cobre (Cu) é um metal, o primeiro utilizado por seres humanos para a construção de ferramentas. Algumas vezes é encontrado puro na natureza, mas geralmente se combina com outros elementos, formando compostos, contidos em rochas chamadas “minério de cobre”. As mais comuns são a calcocita, a calcopirita, a bornita, a cuprita e a malaquita. Também é encontrado nas algas marinhas, em muitos corais, no fígado humano e em certos moluscos e artrópodes.⁸

Foto 5: Óxido de cobre



Fonte: Google Imagens⁹

2.3.3 Óxido de cromo verde (CrO)

Em atmosferas oxidantes, produz tons verde folha, forte e opaco quando adicionado em bases alcalinas (CHITI, 1981), em proporções que vão de 1% até 4%. Tem ação opacificante. Sua cor é predominante quando misturado com outros óxidos em proporções iguais. Mesclado ao óxido de zinco, manganês e ferro, produz tons verdes escuros. Já com níquel, verdes mais suaves. Sua aparência é de um pó verde.

O Cromo (Cr) é um metal encontrado na natureza em forma de cromita (óxido com ferro), mineral crocoíta. Também é encontrado em pedras preciosas como o rubi e a esmeralda.¹⁰

⁸ Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cobre>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

⁹ Disponível em

<https://www.artebraismateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1408&search=%C3%B3xido&description=true&page=2>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

Foto 6: Óxido de cromo verde



Fonte: Google imagens¹¹

2.3.4 Óxido de ferro vermelho (FeO)

O óxido de ferro “[...] talvez é o mais nobre dentro da cerâmica (como forma tanto a terra quanto o sangue humano)” (CHITI, 1981, p.65).

Produz tons ferrosos, amarelos, ocre, marrons, beges, acinzentados e até azulados. É utilizado em proporções que vão até 15% (VITTEL, 1978). Tem ação fundente. Adicionando outros óxidos colorantes, modifica as cores e apresenta grande variação de tons. Muitas vezes também gera pontinhos nos esmaltes. Aquece as cores dos óxidos de cobre, cobalto (CHITI, 1981) e níquel, produzindo marrons claros e escuros mesclado a este último óxido. Com adições de óxido verde cromo também pode apresentar tom marrom escuro. Com óxido de manganês apresenta tons entre o bege e marrom claro. Com titânio gera tons beges e acinzentados. Apresenta-se como um pó vermelho.

O Ferro (Fe) é o segundo metal mais comum na crosta terrestre. Raramente encontrado puro na natureza, sendo mais comum extraí-lo em forma de minério. Também é encontrado no interior das estrelas e em meteoritos. As principais fontes são: hematita, magnetita, limonita, ilimenita, siderita e pirita. Também é encontrado no corpo humano, a maior parte está na hemoglobina.¹²

¹⁰ Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cromo>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹¹ Disponível em:

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1410&search=%C3%B3xido&description=true&page=2>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹² Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ferro>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

Foto 7: Óxido de ferro vermelho

Fonte: Google Imagens¹³

2.3.5 Óxido de manganês (MmO)

Produz tons roxos, castanhos e marrons. Com grandes adições (15%), consegue-se tons pretos opacos (CHITI, 1981). Tem ação fundente e modifica tons característicos de outros óxidos, por exemplo, misturado ao óxido de ferro ou níquel, atinge tons marrons acinzentados, azulados ou arroxeados. Misturado ao óxido de titânio produz tons beges, marfim e amarelados. Na presença do óxido de zinco, tem o tom suavizado, produzindo lilases. Apresenta-se como um pó preto.

O Manganês (Mm) é um metal amplamente encontrado na crosta terrestre. Não é encontrado na forma pura, mas faz parte da composição de mais de 100 minérios, como a pirolusita, a rodocrosita e a braunita.¹⁴

Foto 8: Óxido de manganês

Fonte: Google Imagens¹⁵

¹³ Disponível em:

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1425&search=%C3%B3xido&description=true&page=3>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹⁴ Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mangan%C3%AAs>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

2.3.6 Óxido de níquel (NiO)

Produz tons castanhos e verde acinzentados. Segundo Chiti (1981), modifica tons característicos de outros óxidos como o de cobalto. Com o óxido de ferro produz tons de marrom que vão do claro ao escuro. Na presença do óxido de titânio, atinge tons amarelados e creme opacos. Apresenta-se como um pó acinzentado.

O Níquel (Ni) é um metal que não é encontrado isoladamente na natureza, mas sim combinado com o ferro em meteoritos, ou em minerais como a nicolita, a pentlandita, a pirrotita e a garnierita.¹⁶

Foto 9: Óxido de níquel



Fonte: Google Imagens¹⁷

2.3.7 Óxido de titânio (TiO)

Segundo Chiti (1981), o óxido de titânio produz brancos mates granulados com esmaltes alcalinos, principalmente se aplicado como uma camada grossa, nas proporções de 10% a 15%. É um opacificante, tendo essa ação reforçada se mesclado ao óxido de zinco. Modifica os tons de outros óxidos como o cobalto, ferro, manganês e níquel. Gera tons amarelados com óxido de zinco e níquel. Produz superfícies texturizadas, não constantes e algumas vezes com pontinhos. Se apresenta como um pó branco.

O Titânio (Ti) é um metal cujas principais fontes são o rutilo e a ilemenita, mas também ocorre em vários outros minerais.¹⁸

¹⁵ Disponível em

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1435&search=%C3%B3xido&description=true&page=4>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹⁶ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADquel>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹⁷ Disponível em:

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1434&search=%C3%B3xido&description=true&page=4>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

Foto 10: Óxido de titânio

Fonte: Google Imagens¹⁹

2.3.8 Óxido de zinco (ZnO)

Segundo Chavarria (2002), o óxido de zinco é um poderoso fundente de alta temperatura e reforçador da ação opacificadora se misturado com outros óxidos, como o óxido de titânio, por exemplo. Produz tons brancos leitosos em baixa temperatura em porcentagens entre 5% e 12%. Suaviza o tom de outros óxidos como o de cobalto e manganês. Apresenta-se como um pó branco, quando é mais puro.

O Zinco (Zn) é um metal algumas vezes encontrado puro, mas é mais comum encontrá-lo em combinação com outros minerais, junto a outros elementos como o ouro, a prata e o chumbo. Ocorre na esfarelita e na smithsonita.²⁰

Foto 11: Óxido de zinco

Fonte: Google Imagens²¹

¹⁸ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Tit%C3%A2nio>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

¹⁹ Disponível em:

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1438&search=%C3%B3xido&description=true&page=4>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

²⁰ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Zinco>>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

²¹ Disponível em

<https://www.artebrasilmateriais.com.br/index.php?route=product/product&product_id=1442&search=%C3%B3xido&description=true&page=5>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

CAPÍTULO 3 – PROCESSOS PRÁTICOS

3.1 PROCESSO PRÁTICO DE INVESTIGAÇÃO DA TEMPERATURA

Na cerâmica tudo é muito delicado, desde a modelagem das peças até o final da queima. Igualmente, no processo da esmaltação, existem muitas etapas incertas, visto que diferentes circunstâncias podem alterar o resultado final. Uma dessas variáveis é a cor, que é imprecisa, uma vez que o que se aplica na peça antes de queimar difere do resultado final, após a queima. Por isso é muito importante compreender a variação de temperatura durante a queima, para poder prever de forma mais realista a reprodutibilidade dos testes.

O forno do laboratório de cerâmica da Universidade Federal de Uberlândia, que seria utilizado nessa pesquisa, tem dimensões grandes. Assim, conforme a localização das peças dentro do forno há variação da temperatura, elemento muito importante para definir a coloração do esmalte. Pensando nisso, a primeira etapa da pesquisa foi realizar uma queima de cones pirométricos, para investigar o que ocorre nas forçadas a depender de como são distribuídas as peças no espaço.

O cone pirométrico é um instrumento utilizado para medir com exatidão a temperatura no interior do forno. Os cones:

[s]ão fabricados com materiais cerâmicos calculados para se dobrarem a uma determinada temperatura/tempo. Enquanto a extremidade superior do cone não tocar a base, não se atingiu a temperatura, se tocar na base, é porque atingiu a temperatura desejada e se o cone passou da curvatura é porque ultrapassou a temperatura indicada. (RODRIGUES, 2011, p. 74)

Os cones utilizados nos testes desenvolvidos nesta etapa foram da marca “Central Cones”, nas numerações 05 (1040°C), 06 (1000°C) e 07 (960°C), conforme a foto 12, colocados em 6 placas cada placa com os 3 cones de cada numeração (05, 06 e 07) foram espalhadas pelo forno.

Foto 12: Cones pirométricos antes da queima



Fonte: Acervo da autora

O forno foi programado para chegar aos 1000°C, no dia 06/05/2019 às 18h40m. 31 horas depois (08/05/2019), às 08h estava em 70°C quando foi aberto. O resultado não foi o esperado, nenhum cone dobrou, como pode ser visto na foto 13. Os de numeração 07 que estavam no andar mais alto e perto das resistências entortaram levemente nas pontas, mostrando que esses locais atingem temperaturas mais altas, mesmo não chegando perto do que foi programado, essas placas também explodiram, prejudicando alguns testes que estavam por perto. Os cones colocados abaixo das prateleiras não sofreram nenhum tipo de alteração.

Foto 13: Cones pirométricos após a queima



Fonte: Acervo da autora

Foram colocadas, ao lado de cada placa com cones, placas com esmaltes com 6 cores de óxidos para teste (1-óxido de ferro, 2- óxido de cobre, 3- óxido de cobre preto, 4-óxido de cobalto, 5-óxido de manganês, 6- óxido de níquel), que também não tiveram bons resultados, apresentando bolhas, falhas na cobertura e

aparência fosca (óxido de manganês e óxido de níquel). Estes resultados podem ser melhor visualizados na foto 14 abaixo.

Foto 14: Placas de testes dos óxidos



Fonte: Acervo da autora

Entendendo essa má distribuição de calor dentro do forno, de forma que ele não atingia a temperatura programada, a solução foi fazer uma nova queima programando para chegar aos 1100°C. Nessa segunda queima a temperatura chegou em 1040°C nas prateleiras de cima perto das resistências e passou pouco acima de 1000°C nas prateleiras de baixo, os resultados nos cones refletiram essa maior temperatura, como pode ser visto na foto 15. A maioria dos cones dobrou mais do que o necessário.

Foto 15: cones pirométricos após segunda queima



Fonte: Acervo da autora

As mesmas placas do primeiro teste foram submetidas a uma segunda queima durante este segundo teste. As cores dos óxidos tiveram um resultado bem melhor nesta segunda queima, apresentando um esmalte sem bolhas, com textura mais homogênea e aspecto brilhante, como pode ser visto na foto 16:

Foto 16: placa de testes dos óxidos após segunda queima



Fonte: Acervo da autora

Com os testes anteriores, compreendi que não seria possível manter a mesma temperatura dentro de todo o forno, pois em cada região os cones mostraram diferentes comportamentos, portanto, decidi encontrar um único lugar que chegasse aos 1000°C, temperatura desejada desde o início do processo. Percebendo que nas áreas mais altas a temperatura é maior, posicionei o cone conforme a foto 17 e programei o forno para 1080°C.

Foto 17: Localização do cone no terceiro teste



Fonte: Acervo da autora

O resultado foi o esperado: a extremidade superior do cone tocou a base indicando que a temperatura atingida foi ideal, como pode ser visto na foto 18.

Foto 18: Cone pirométrico após terceiro teste



Fonte: Acervo da autora

Após todos esses testes, o Laboratório de Cerâmica recebeu novos controles para os fornos no fim do semestre. Tais controles deveriam realizar o desligamento automático uma vez que o forno atingisse certa temperatura programada. Com a troca do controle do forno que havia sido utilizado²², o trabalho de investigação da temperatura voltaria ao início, mas ocorreu um acidente que derreteu as resistências e placas do forno, derretendo também a argila e com o cone pirométrico que estavam em seu interior e fazendo com que a estrutura fosse comprometida. Ou seja, o forno ficou gravemente danificado e não foi possível continuar o processo.

Depois do ocorrido, para continuar a pesquisa busquei a ajuda de outros ceramistas da cidade de Uberlândia para fazer a queima das receitas, que já haviam sido formuladas. Foi quando conheci Gilson Goulart Carrijo, do ateliê Tepalcatl, que disponibilizou seu forno elétrico para que eu pudesse queimar os testes.

²² O forno utilizado nestes testes foi um dos 5 que o Laboratório de Cerâmica da Universidade Federal de Uberlândia possui, mas era, à época, o único que estava funcionando.

3.2 BASE E RECEITAS

3.2.1 Base

- 80% frita transparente alcalina 096
- 15% argila São Simão
- 5% quartzo

No processo, formulei 2kg de base, sendo 1,6kg de frita transparente alcalina 096, 300g de argila São Simão e 100g de quartzo. Distribuí essa base em potes de 10g para misturar os óxidos. Como a quantidade pesada para os testes é pequena, visto que a utilização dos óxidos se dá nas proporções de 1 a 10%, esse segundo processo de pesagem foi feito no Laboratório de Graduação, sala 1D01, do Instituto de Química, no bloco 1D da UFU, que possui balanças analíticas com até 4 casas decimais.

Foto 19: balança analítica do Laboratório de Graduação do Instituto de Química da UFU



Fonte: Acervo da autora

Os óxidos colorantes e opacificantes utilizados foram: óxido de cobre (CuO), óxido de Cobalto (CoO), óxido de cromo verde (CrO), óxido de ferro vermelho (FeO), óxido de Manganês (MmO), óxido de Níquel (NiO), óxido de titânio (TiO) e óxido de Zinco (ZnO).

Após formular a base, a investigação se deu nas etapas apresentadas a seguir.

3.2.2 Testes lineares

Óxidos colorantes adicionados à base em diferentes proporções, sendo elas 1%, 3%, 5% e 10%, totalizando 32 testes, conforme a tabela abaixo:

Tabela 2: teste linear adicionando óxidos colorantes na base

Óxidos	1%	3%	5%	10%
Cobalto	Co 1	Co 2	Co 3	Co 4
Cobre	Cu 1	Cu 2	Cu 3	Cu 4
Cromo verde	Cr 1	Cr 2	Cr 3	Cr 4
Ferro vermelho	Fe 1	Fe 2	Fe 3	Fe 4
Manganês	Mm 1	Mm 2	Mm 3	Mm 4
Níquel	Ni 1	Ni 2	Ni 3	Ni 4
Titânio	Ti 1	Ti 2	Ti 3	Ti 4
Zinco	Zn 1	Zn 2	Zn 3	Zn 4

3.2.3 Mescla de óxidos

Varição de cores obtidas através da mescla de dois óxidos adicionados à base, divididos em 3 testes diferentes para cada mistura de óxidos, alterando as proporções de cada óxido na base, totalizando 84 testes listados abaixo:

R1: Base + 10% de óxido de zinco + 3% de óxido de cobalto

R2: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de cobalto

R3: Base + 1% de óxido de zinco + 3% de óxido de cobalto

R4: Base + 10% de óxido de zinco + 5% de óxido de cobre

R5: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de cobre

R6: Base + 1% de óxido de zinco + 3% de óxido de cobre

R7: Base + 10% de óxido de zinco + 3% de óxido de cromo verde

R8: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de cromo verde

R9: Base + 1% de óxido de zinco + 3% de óxido de cromo verde

R10: Base + 10% de óxido de zinco + 5% de óxido de ferro vermelho

R11: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de ferro vermelho

R12: Base + 5% de óxido de zinco + 10% de óxido de ferro vermelho

R13: Base + 10% de óxido de zinco + 5% de óxido de manganês

R14: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de manganês

R15: Base + 3% de óxido de zinco + 5% de óxido de manganês

- R16: Base + 10% de óxido de zinco + 5% de óxido de níquel
- R17: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de níquel
- R18: Base + 3% de óxido de zinco + 5% de óxido de níquel
- R19: Base + 10% de óxido de zinco + 5% de óxido de titânio
- R20: Base + 5% de óxido de zinco + 5% de óxido de titânio
- R21: Base + 5% de óxido de zinco + 10% de óxido de titânio
- R22: Base + 1% de óxido de titânio + 3% de óxido de cobalto
- R23: Base + 3% de óxido de titânio + 3% de óxido de cobalto
- R24: Base + 5% de óxido de titânio + 1% de óxido de cobalto
- R25: Base + 3% de óxido de titânio + 5% de óxido de cobre
- R26: Base + 3% de óxido de titânio + 3% de óxido de cobre
- R27: Base + 5% de óxido de titânio + 3% de óxido de cobre
- R28: Base + 3% de óxido de titânio + 5% de óxido de cromo verde
- R29: Base + 3% de óxido de titânio + 3% de óxido de cromo verde
- R30: Base + 5% de óxido de titânio + 3% de óxido de cromo verde
- R31: Base + 3% de óxido de titânio + 10% de óxido de ferro vermelho
- R32: Base + 5% de óxido de titânio + 5% de óxido de ferro vermelho
- R33: Base + 10% de óxido de titânio + 5% de óxido de ferro vermelho
- R34: Base + 3% de óxido de titânio + 5% de óxido de manganês
- R35: Base + 3% de óxido de titânio + 3% de óxido de manganês
- R36: Base + 5% de óxido de titânio + 3% de óxido de manganês
- R37: Base + 1% de óxido de titânio + 3% de óxido de níquel
- R38: Base + 3% de óxido de titânio + 3% de óxido de níquel
- R39: Base + 3% de óxido de titânio + 1% de óxido de níquel

- R40: Base + 3% de óxido de níquel + 1% de óxido de cobalto
- R41: Base + 1% de óxido de níquel + 1% de óxido de cobalto
- R42: Base + 1% de óxido de níquel + 3% de óxido de cobalto
- R43: Base + 3% de óxido de níquel + 1% de óxido de cobre
- R44: Base + 1% de óxido de níquel + 1% de óxido de cobre
- R45: Base + 1% de óxido de níquel + 3% de óxido de cobre
- R46: Base + 3% de óxido de níquel + 1% de óxido de cromo verde
- R47: Base + 1% de óxido de níquel + 1% de óxido de cromo verde
- R48: Base + 1% de óxido de níquel + 3% de óxido de cromo verde
- R49: Base + 5% de óxido de níquel + 3% de óxido de ferro vermelho
- R50: Base + 5% de óxido de níquel + 5% de óxido de ferro vermelho
- R51: Base + 5% de óxido de níquel + 10% de óxido de ferro vermelho
- R52: Base + 3% de óxido de níquel + 1% de óxido de manganês
- R53: Base + 1% de óxido de níquel + 1% de óxido de manganês
- R54: Base + 1% de óxido de níquel + 3% de óxido de manganês
- R55: Base + 1% de óxido de manganês + 3% de óxido de cobalto
- R56: Base + 1% de óxido de manganês + 1% de óxido de cobalto
- R57: Base + 5% de óxido de manganês + 1% de óxido de cobalto
- R58: Base + 3% de óxido de manganês + 5% de óxido de cobre
- R59: Base + 3% de óxido de manganês + 3% de óxido de cobre
- R60: Base + 5% de óxido de manganês + 3% de óxido de cobre
- R61: Base + 1% de óxido de manganês + 3% de óxido de cromo verde
- R62: Base + 1% de óxido de manganês + 1% de óxido de cromo verde
- R63: Base + 3% de óxido de manganês + 1% de óxido de cromo verde

- R64: Base + 3% de óxido de manganês + 10% de óxido de ferro vermelho
- R65: Base + 5% de óxido de manganês 5+ % de óxido de ferro vermelho
- R66: Base + 5% de óxido de manganês + 3% de óxido de ferro vermelho
- R67: Base + 10% de óxido de ferro vermelho + 1% de óxido de cobalto
- R68: Base + 3% de óxido de ferro vermelho + 3% de óxido de cobalto
- R69: Base + 1% de óxido de ferro vermelho + 3% de óxido de cobalto
- R70: Base + 10% de óxido de ferro vermelho + 3% de óxido de cobre
- R71: Base + 5% de óxido de ferro vermelho + 5% de óxido de cobre
- R72: Base + 3% de óxido de ferro vermelho + 5% de óxido de cobre
- R73: Base + 10% de óxido de ferro vermelho + 3% de óxido de cromo verde
- R74: Base + 3% de óxido de ferro vermelho + 3% de óxido de cromo verde
- R75: Base + 3% de óxido de ferro vermelho + 5% de óxido de cromo verde
- R76: Base + 1% de óxido de cromo verde + 3% de óxido de cobalto
- R77: Base + 1% de óxido de cromo verde + 1% de óxido de cobalto
- R78: Base + 3% de óxido de cromo verde + 1% de óxido de cobalto
- R79: Base + 1% de óxido de cromo verde + 3% de óxido de cobre
- R80: Base + 1% de óxido de cromo verde + 1% de óxido de cobre
- R81: Base + 3% de óxido de cromo verde + 1% de óxido de cobre
- R82: Base + 5% de óxido de cobre + 1% de óxido de cobalto
- R83: Base + 1% de óxido de cobre + 1% de óxido de cobalto
- R84: Base + 1% de óxido de cobre + 3% de óxido de cobalto

3.3 PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E QUEIMA

Antes mesmo de formular os esmaltes, preparei corpos de testes na argila terracota e na argila branca shiro e nomeei todos eles para identificar qual receberia cada receita. Todos os corpos de testes passaram por uma queima de biscoito.

Foto 20: corpos de testes



Fonte: Acervo da autora

Após formular todas as receitas, foi necessário preparar o esmalte para a aplicação.

Foto 21 e 22: preparação dos esmaltes



Fonte: Acervo da autora

O primeiro passo foi misturar bem o esmalte ainda em pó, mesclando todas as matérias primas, para facilitar a próxima etapa.

Foto 23: água sendo adicionada nas receitas



Fonte: Acervo da autora

Para 10g de esmalte, adicionei 10ml de água e dissolvi bem o esmalte até que a mistura ficasse homogênea.

Foto 24: esmaltação por técnica de mergulho



Fonte: Acervo da autora

A técnica escolhida para esse processo de esmaltação foi a de mergulho. Com a ajuda de uma pinça segurando a placa de teste, mergulhei sua superfície por 5 segundos no esmalte. Depois esperei secar por alguns minutos e passei o dedo na área esmalçada para alisar, retirar bolhas e excessos. Onde houve excesso de esmalte na base da peça, passei uma esponja úmida para retirar, pois o esmalte gruda e danifica se entrar em contato com as placas do forno durante a queima.

Foto 25: corpos de testes esmaltados



Fonte: Acervo da autora

Após a etapa da esmaltação, os testes ficaram prontos para passar por uma queima de 1000°C em forno elétrico.

Fotos 26 e 27: testes de esmaltes antes e depois da queima





Fonte: Acervo da autora

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 BASE


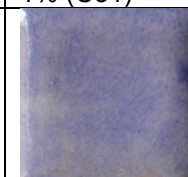
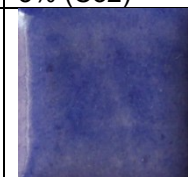
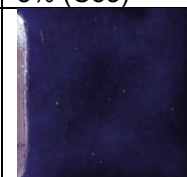

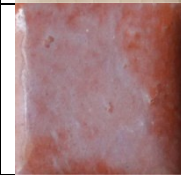
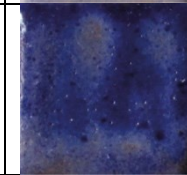
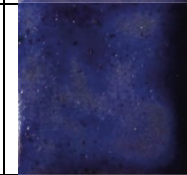
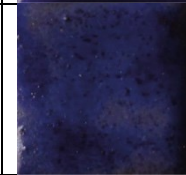
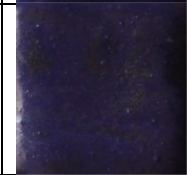
Tabela 3: Base alcalina

	Base
Argila branca	
Argila terracota	

A base utilizada nas receitas apresentou transparência, textura brilhante, craquelado na argila branca e manchas esbranquiçadas na argila terracota.

4.2 TESTES LINEARES


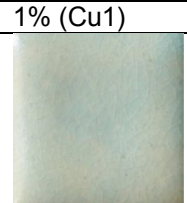
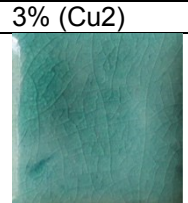
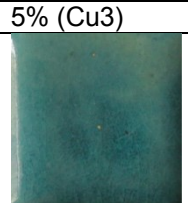
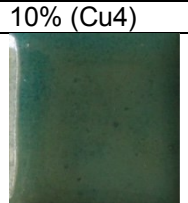

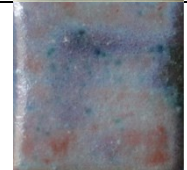

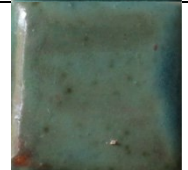

Tabela 4: Óxido de cobalto

	Base	1% (Co1)	3% (Co2)	5% (Co3)	10% (Co4)
Argila branca					
Argila terracota					

Os testes com óxido de cobalto apresentaram monocromia. Na argila terracota o resultado dos testes foram tons azuis escuros, levemente manchados. Apresentaram alguns pontinhos, que podem ter sido causados pela granulação do pó ou por não estar tão bem diluído. A adição de maior porcentagem de óxido de cobalto não causou muita alteração na cor, mostrando que 1% do óxido adicionado à base é suficiente para conseguir um azul escuro. É normal que em argilas escuras


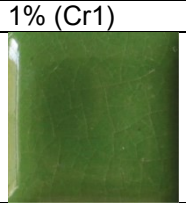
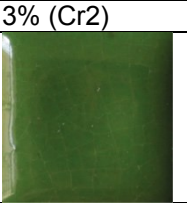
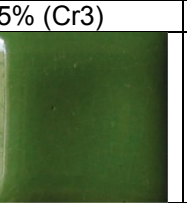
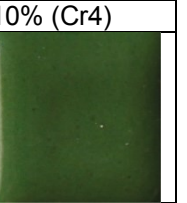





os esmaltes também fiquem mais escuros, pois na composição destas existem materiais que interferem na cor dos esmaltes, como o óxido de ferro ou de manganês, por exemplo. A adição de 10% de óxido (Co4) nesta argila mudou a textura do esmalte para semi-mate, enquanto os outros testes apresentaram textura mais brilhante. Já os testes na argila branca resultaram em tons azuis que vão do claro ao escuro, pois a adição do óxido foi saturando a cor do esmalte. Todos os resultados nesta argila apresentaram bastante homogeneidade e brilho. Os testes com porcentagem até 5% (Co1, Co2 e Co3) também apresentaram craquelamento.

Tabela 5: Óxido de cobre

	Base	1% (Cu1)	3% (Cu2)	5% (Cu3)	10% (Cu4)
Argila branca					
Argila terracota					


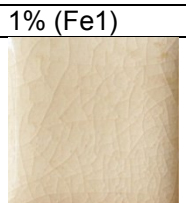
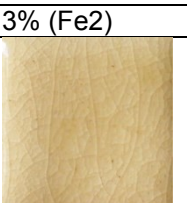
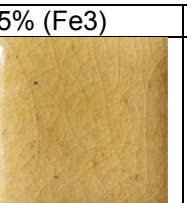
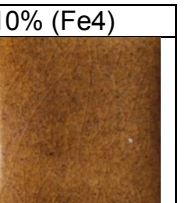





Resultou em tons verde azulados e turquesa, que são suaves com a adição de 1% do óxido (Cu1) e começam a escurecer a partir da adição de 5% (Cu3). Na argila terracota apresentaram pontinhos, o que pode se dar pelos mesmos motivos dos testes com óxido de cobalto. Apresentaram também inconstância e manchas na cor, além de variações no tom, que aqueceu e chegou em verde oliva com a adição de 10% do óxido (Cu4). Já na argila branca, o resultado manifestou craquelamento em adições até 5% do óxido (Cu1, Cu2 e Cu3), mas também demonstrou maior homogeneidade na cor e escurecimento do tom conforme maior adição de óxido, tendo a cor aquecida com a adição de 10% do óxido (Cu4). Em ambos os corpos de testes, com argila branca e terracota, a textura ficou brilhante.

Tabela 6: Óxido de cromo

	Base	1% (Cr1)	3% (Cr2)	5% (Cr3)	10% (Cr4)
Argila branca					
Argila terracota					

Os resultados com o óxido de cromo verde apresentaram monocromia, com tom verde bandeira característico deste óxido e grande homogeneidade na cor. Foi mais fácil notar o escurecimento da cor conforme a adição de óxido nos testes com a argila terracota, que resultou em um verde mais suave com a adição de 1% do óxido (Cr1), e mais escuro a partir da adição de 3% do óxido (Cr2). A textura ficou um pouco mais áspera com a adição de 10% do óxido (Cr4). Na argila branca foi possível notar a textura brilhante em todos os resultados, craquelamento em adições menores que 5%, muita constância na cor e o escurecimento conforme a adição de óxido foi quase imperceptível, o que demonstra o poder colorante do óxido de cromo, bastando 1% de adição para colorir a base.



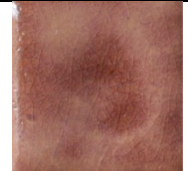




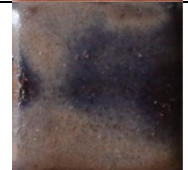


Tabela 7: Óxido de ferro vermelho

	Base	1% (Fe1)	3% (Fe2)	5% (Fe3)	10% (Fe4)
Argila branca					
Argila terracota					

Os resultados com o óxido de ferro vermelho apresentaram, em ambas as argilas dos corpos de testes, transparência na cor, textura brilhosa e cristalina, sendo possível notar craquelamento em todos os testes, além de pontinhos que apareceram em adições maiores do que 3% (Fe2, Fe3 e Fe4). Também houve bastante variação de cor, principalmente se comparados os testes feitos na argila




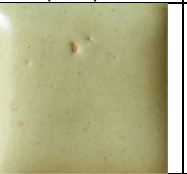






branca com os testes feitos na argila terracota. O uso na argila terracota resultou em cores inconstantes e tons esbranquiçados com adição de até 3% (Fe1 e Fe2), a partir de 5% notou-se a aparição do tom acinzentado, que ficou mais visível com maior adição do óxido (Fe4). Já na argila branca, o óxido produziu tons de amarelo, que foram do bege claro ao ocre conforme a porcentagem da adição, sendo que a adição de 1% (Fe1) resultou em bege claro, com 3% (Fe2) foi revelado o tom de amarelo claro, com 5% (Fe3) o amarelo começou a escurecer até chegar no ocre, com a adição de 10% do óxido (Fe4).

Tabela 8: Óxido de manganês

	Base	1% (Mn1)	3% (Mn2)	5% (Mn3)	10% (Mn4)
Argila branca					
Argila terracota					


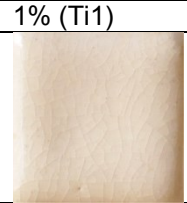
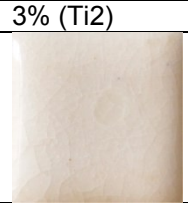
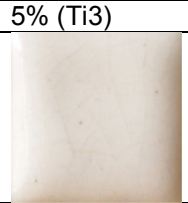
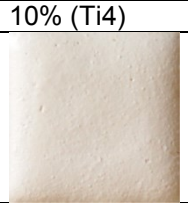
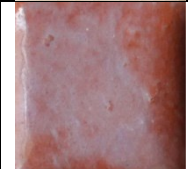



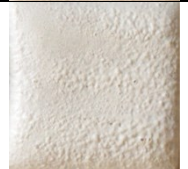
Com o óxido de manganês, os resultados apresentaram textura brilhosa, transparência e grande variação de cor, diversificando entre tons de roxo e marrom. Nos testes com argila terracota as cores ficaram inconstantes e manchadas conforme a concentração do esmalte nos corpos de testes, o primeiro teste com adição de 1% (Mn1) já coloriu bem a base, resultando em tons de púrpura, com manchas lilás onde há maior concentração do esmalte. Conforme foi adicionada uma maior quantidade de óxido (a partir do Mn2), as cores foram escurecendo e os testes apresentaram tons de marrom com manchas violeta onde houve maior concentração do esmalte. Na argila branca os resultados foram tons arroxeados que foram escurecendo conforme a adição do óxido, apresentou craquelamento com adições de até 5% (Mn1, Mn2 e Mn3) e houve ocorrência de bolhas com adição de 10% (Mn4).

Tabela 9: Óxido de níquel

	Base	1% (Ni1)	3% (Ni2)	5% (Ni3)	10% (Ni4)
Argila branca					
Argila terracota					


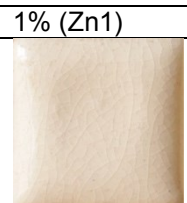
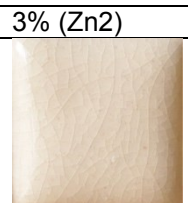
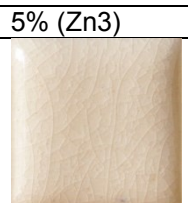
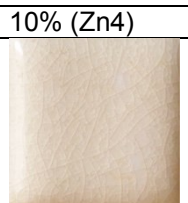
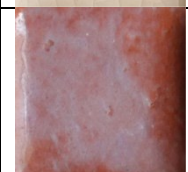




O óxido de níquel produziu tons que foram do castanho ao verde. As diferentes proporções do óxido na base apresentaram alterações tanto na cor quanto na textura dos esmaltes, visto que nas duas argilas a adição de 1% do óxido (Ni1) produziu tons castanhos com texturas brilhantes e a adição de 10% (Ni4) produziu tons verdes e textura mate com ocorrência de bolhas. Em ambas as argilas, os resultados também apresentaram craquelamento com a adição de até 5% do óxido. Na argila branca, os resultados de cores ficaram homogêneos, com a adição de 1% (Ni1) se produziu tom castanho de textura brilhante e a partir da adição de 3% do óxido apareceram tons de verde também de textura brilhante. Com a adição de 5% do óxido (Ni3), tivemos um esmalte semi-mate e com 10% do óxido na base a tivemos um esmalte mate e com ocorrência de bolhas. Na argila terracota, as cores apresentaram manchas com adição de até 5%, sendo que com 1% do óxido (Ni1) apresentou-se um tom castanho com manchas acinzentadas, com 3% do óxido (Ni2) foram gerados tons verdes. Com 10% do óxido, encontramos textura mate e com ocorrência de bolhas.

Tabela 10: Óxido de titânio

	Base	1% (Ti1)	3% (Ti2)	5% (Ti3)	10% (Ti4)
Argila branca					
Argila terracota					

O óxido de titânio produziu tons brancos. As diferentes proporções do óxido na base alteraram a textura dos esmaltes, podendo observar ação opacificante, principalmente com adição de 10% de óxido na base, quando tivemos um esmalte mate com ocorrência de bolhas em ambas as argilas. A argila branca apresentou cores mais homogêneas, com textura brilhosa e craquelada com adições de até 5%; com 10% do óxido apresentou-se um esmalte branco mate. Na argila vermelha os tons foram mais irregulares/manchados, a adição de 1% de do óxido (Ti1) apresentou muita transparência com manchas leitosas; as adições de até 5% (Ti3) do óxido na base apresentaram craquelamento e as de 10% (Ti4) resultaram em branco mate com ocorrência de bolhas.







Tabela 11: Óxido de zinco

	Base	1% (Zn1)	3% (Zn2)	5% (Zn3)	10% (Zn4)
Argila branca					
Argila terracota					

O óxido de zinco produziu, em todos os testes, esmaltes com bastante transparência, chegando a demonstrar tons brancos leitosos manchados somente com a adição acima de 5%. Também apresentou textura brilhante e com ocorrência de craquelamento.







4.3 MESCLA DE ÓXIDOS

Tabela 12: Óxido de cobalto + Óxido de zinco

	R1 Base + 10% óxido de zinco + 3% óxido de cobalto	R2 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de cobalto	R3 Base + 1% óxido de zinco + 3% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			







Todos os três testes resultaram em azul característico do óxido de cobalto, porém suavizados pelo óxido de zinco. Os resultados foram esmaltes brilhosos, com manchas aparentes conforme a densidade do esmalte. Em locais onde houve mais acúmulo de esmalte, manchas azuis escuras apareceram. Onde houve menor densidade/acúmulo do esmalte nota-se transparência.

Tabela 13: Óxido de cobre + Óxido de zinco

	R4 Base + 10% óxido de zinco + 5% óxido de cobre	R5 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de cobre	R6 Base + 1% óxido de zinco + 3% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			






Os testes apresentaram a cor verde característica do óxido de cobre, porém suavizados pelo óxido de zinco. As cores ficaram brilhantes e de textura cristalina, com manchas aparentes conforme a densidade do esmalte, resultando em verdes azulados onde houve maior acúmulo de esmalte e transparência onde houve menor acúmulo. Na argila branca, a receita 4 (R4) também apresentou craquelamento onde houve acúmulo do esmalte.

Tabela 14: Óxido de cromo verde + Óxido de zinco

	R7 Base + 10% óxido de zinco + 3% óxido de cromo verde	R8 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de cromo verde	R9 Base + 1% óxido de zinco + 3% óxido de cromo verde
Argila branca			
Argila terracota			







Podemos observar no resultado dos testes o óxido de zinco modificando o tom característico do óxido de cromo. Onde houve proporção igual ou maior de zinco (R8 e R7), as cores ficaram mais escuras, com tons de verde acinzentado e com textura brilhosa. Já o esmalte R9, apesar de apresentar o verde característico do óxido de cromo, apresentou também textura semi-mate.

Tabela 15: Óxido de ferro vermelho + Óxido de zinco

	R10 Base + 10% óxido de zinco + 5% óxido de ferro vermelho	R11 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de ferro vermelho	R12 Base + 5% óxido de zinco + 10% óxido de ferro vermelho
Argila branca			
Argila terracota			







Todos os testes resultaram em esmaltes brilhantes de textura cristalina. Podemos observar que nos testes onde há maior proporção do óxido de zinco (R10) os esmaltes apresentam craquelamento e tons ficaram mais claros, resultando em amarelo com pontinhos na argila branca e tom cinza esbranquiado com manchas amarelas na argila vermelha. Quando há a mesma proporção dos dois óxidos na base (R11), os tons começam a escurecer. Já onde há maior proporção do óxido de ferro (R12), os tons ficaram mais escuros, gerando marrom com pintas e nuances de roxo na argila branca e tom acinzentado com pintas na argila terracota.

Tabela 16: Óxido de manganês + Óxido de zinco

	R13 Base + 10% óxido de zinco + 5% óxido de manganês	R14 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de manganês	R15 Base + 3% óxido de zinco + 5% óxido de manganês
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes resultaram em esmaltes brilhantes. Produziram tons lilases, mostrando mais uma vez a ação suavizadora do óxido de zinco mesclado a outros óxidos. Na argila branca é possível notar o escurecimento da cor na presença de maior porcentagem do óxido de manganês. Apresentaram manchas conforme a densidade do esmalte, onde houve maior acúmulo nota-se manchas roxas e onde houve menor acúmulo nota-se transparência.

Tabela 17: Óxido de níquel + Óxido de zinco

	R16 Base + 10% óxido de zinco + 5% óxido de níquel	R17 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de níquel	R18 Base + 3% óxido de zinco + 5% óxido de níquel
Argila branca			
Argila terracota			





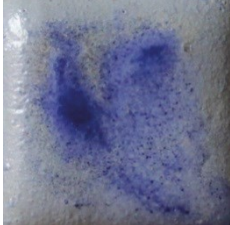

Resultaram em esmaltes de tons esverdeados e textura mate. Onde houve maior proporção de zinco (R16), apresentou cor homogênea, craquelado e alguns pontinhos. Com proporções iguais ou maiores do óxido de níquel apresentou cores manchadas conforme a densidade do esmalte, com tons esverdeados onde há acúmulo de esmalte e fundo alaranjado onde houve menor acúmulo.

Tabela 18: Óxido de titânico + Óxido de zinco

	R19 Base + 10% óxido de zinco + 5% óxido de titânio	R20 Base + 5% óxido de zinco + 5% óxido de titânio	R21 Base + 5% óxido de zinco +10% óxido de titânio
Argila branca			
Argila terracota			







O resultado dos testes foram esmaltes semi-mate, de cor branca levemente amarelada, mas homogênea. Apresentaram craquelados com proporções iguais ou maiores do óxido de zinco (R19 e R20) e textura um pouco mais fosca onde há predominância do óxido de titânio (R21), revelando a ação opacificadora do mesmo.

Tabela 19: Óxido de cobalto + Óxido de titânio

	R22 Base +1% óxido de titânio +3% óxido de cobalto	R23 Base +3% óxido de titânio +3% óxido de cobalto	R24 Base + 5% óxido de titânio +1% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes com óxido de cobalto mesclado ao óxido de titânio apresentaram cores manchadas conforme a densidade do esmalte, apresentando azul mais escuro onde houve acúmulo. Nota-se nos testes que o óxido de titânio clareou o azul característico do cobalto, resultando em azuis mais claros. A textura dos esmaltes ficou semi-mate, resultado da ação opacificadora do óxido de titânio.

Tabela 20: Óxido de Cobre + Óxido de titânio

	R25 Base + 3% óxido de titânio + 5% óxido de cobre	R26 Base + 3% óxido de titânio + 3% óxido de cobre	R27 Base + 5% óxido de titânio + 3% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			


A mistura de óxido de titânio com o óxido de cobre resultou em cores com fundo esbranquiçado e manchas turquesa onde houve acúmulo de esmalte. Não deu para notar tanta variação nas cores conforme as diferentes porcentagens de óxidos. Quanto à textura, resultou em semi-mate, conforme ação opacificadora do óxido de titânio.

Tabela 21: Óxido de cromo verde + Óxido de titânio

	R28 Base + 3% óxido de titânio + 5% de óxido de cromo verde	R29 Base + 3% óxido de titânio + 3% óxido de cromo verde	R30 Base + 5% óxido de titânio + 3% óxido de cromo verde
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes apresentaram monocromia, com o tom verde bandeira característico do óxido de cromo, pouquíssima variação conforme as diferentes porcentagens entre um teste e outro, cores constantes e textura áspera e mate, demonstrando mais uma vez a ação opacificadora do óxido de titânio.

Tabela 22: Óxido de ferro vermelho + Óxido de titânio

	R31 Base + 3% óxido de titânio +10% óxido de ferro vermelho	R32 Base + 5% óxido de titânio + 5% óxido de ferro vermelho	R33 Base +10% óxido de titânio + 5% óxido de ferro vermelho
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes com óxido de ferro e óxido de titânio demonstraram bastante variação tanto na cor, como na textura. Os testes com maior proporção do óxido de ferro (R31) resultaram em tom acinzentado na argila vermelha e areia na argila branca, ambos com pontinhos, cores homogêneas e textura brilhante. Os testes com proporções iguais dos dois óxidos (R32) apresentaram tom bege claro com pontinhos, cores homogêneas e textura semi-mate. Já os testes com maior proporção de titânio (R33) apresentaram tom bege claro com pontinhos, cor homogênea, superfície mate e texturizada, com presença de bolhas.

Tabela 23: Óxido de manganês + Óxido de titânio

	R34 Base + 3% óxido de titânio + 5% óxido de manganês	R35 Base + 3% óxido de titânio + 3% óxido de manganês	R36 Base + 5% óxido de titânio + 3% óxido de manganês
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes mesclando óxido de titânio com óxido de manganês apresentaram tons entre bege, marfim e amarelado, sendo mais escuro onde há maior porcentagem de manganês (R34) e com nuances de roxo onde há acúmulo de esmalte. Também é possível notar algumas manchas na cor e textura mate, demonstrando ação opacificadora do óxido de titânio.

Tabela 24: Óxido de níquel + Óxido de titânio

	R37 Base + 1% óxido de titânio + 3% óxido de níquel	R38 Base + 3% óxido de titânio + 3% óxido de níquel	R39 Base + 3% óxido de titânio + 1% óxido de níquel
Argila branca			
Argila terracota			


Os resultados apresentaram tons verde claro e tons amarelados, que estão para o verde manchado em maior presença de níquel (R37) e para um tom bege amarelado constante em maior presença de titânio (R39). Portanto, nota-se clareamento da cor conforme a adição de titânio. Também é possível notar manchas esbranquiçadas conforme a densidade do esmalte, onde há acúmulo. Quanto à textura, resultou em superfícies mate.

Tabela 25: Óxido de cobalto + Óxido de níquel

	R40 Base + 3% óxido de níquel + 1% óxido de cobalto	R41 Base + 1% óxido de níquel + 1% óxido de cobalto	R42 Base + 1% óxido de níquel + 3% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			



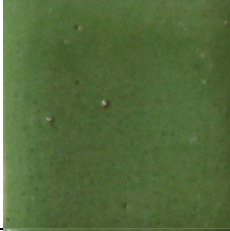



Apresentou tons acinzentados nos testes com maior presença de níquel (R40) e tons azulados em maior presença de cobalto (R42). As cores ficaram manchadas e a superfície com textura semi-mate.

Tabela 26: Óxido de cobre + Óxido de níquel

	R43 Base + 3% óxido de níquel + 1% óxido de cobre	R44 Base + 1% óxido de níquel + 1% óxido de cobre	R45 Base + 1% óxido de níquel + 3% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			



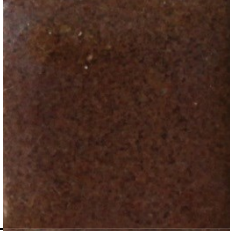



Os testes com maior quantidade do óxido de níquel (R43) apresentaram tom bege com textura áspera e sem brilho ou transparência. Já os testes com quantidade igual ou maior do óxido de cobre (R44 e R45), resultaram em esmaltes brilhantes, com tons de verde característicos do óxido de cobre. Na argila branca é possível notar a presença de craquelado e na argila terracota a cor apresentou manchas.

Tabela 27: Óxido de cromo verde + Óxido de níquel

	R46 Base + 3% óxido de níquel + 1% óxido de cromo verde	R47 Base + 1% óxido de níquel + 1% óxido de cromo verde	R48 Base + 1% óxido de níquel + 3% óxido de cromo verde
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes da mistura do óxido de cromo com o óxido de níquel resultaram em tons de verde, que foram escurecendo conforme maior adição do óxido de cromo. Os testes com maior ou igual quantidade de óxido de níquel (R46 e R47), na argila terracota, apresentaram textura áspera e pouco brilho. Esses mesmos testes na argila branca resultaram em esmaltes brilhantes de cor homogênea. Os resultados dos testes com maior porcentagem de óxido de cromo (R48) apresentaram cor verde bandeira característica do óxido de cromo verde, com textura brilhante e cor homogênea.

Tabela 28: Óxido de ferro vermelho + Óxido de níquel

	R49 Base + 5% óxido de níquel + 3% óxido de ferro vermelho	R50 Base + 5% óxido de níquel + 5% óxido de ferro vermelho	R51 Base + 5% óxido de níquel + 10% óxido de ferro vermelho
Argila branca			
Argila terracota			







Os resultados apresentaram tons marrons que vão do claro ao escuro, sendo os testes com porcentagem maior ou igual de óxido de níquel (R49 e R50) os que apresentaram marrom claro e o teste com maior porcentagem do óxido de ferro (R51) o que resultou em marrom escuro. Os testes com maior quantidade de óxido de níquel (R49) apresentou textura semi-mate. Todos os testes resultaram em esmaltes de cores homogênea e opaca, com presença de pontinhos. Não houve alteração da cor conforme a diferença de argilas.

Tabela 29: Óxido de manganês + Óxido de níquel

	R52 Base + 3% óxido de níquel + 1% óxido de manganês	R53 Base + 1% óxido de níquel + 1% óxido de manganês	R54 Base + 1% óxido de níquel + 3% óxido de manganês
Argila branca			
Argila terracota			







Os resultados da mistura do óxido de níquel com o óxido de manganês, produziram tons acinzentados, inclinados para o cinza esverdeado e castanho em maior presença do óxido de níquel e cinza com manchas arroxeadas em maior presença do óxido de manganês. Na argila terracota, as cores ficaram opacas e com textura semi-mate nos testes R52 e R53. Na argila branca, as cores ficaram mais brilhantes e transparentes. Em ambas as argilas, o teste R54 apresentou manchas arroxeadas onde houve acúmulo do esmalte, que provém do óxido de manganês.

Tabela 30: Óxido de cobalto + Óxido de manganês

	R55 Base + 1% óxido de manganês +3% óxido de cobalto	R56 Base +1% óxido de manganês +1% óxido de cobalto	R57 Base + 5% óxido de manganês +1% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			


Os testes resultaram em tons azulados e arroxeados. Em maior presença do óxido de cobalto (R55), produziu cor azul característica do óxido de cobalto, de textura brilhante, cor homogênea e com transparência. O teste com proporção igual dos dois óxidos (R56) pode ter ficado com densidade muito baixa, a cor não pegou muito bem, podemos ver pela transparência do esmalte a cor da argila usada nos corpos de teste. Os testes com maior proporção do óxido de manganês (R57) geraram tons arroxeados, embora a densidade também tenha ficado baixa, impedindo uma melhor visão da cor produzida nos testes. Na argila branca é possível notar craquelamento em todos os testes.

Tabela 31: Óxido de cobre + Óxido de manganês

	R58 Base + 3% óxido de manganês + 5% óxido de cobre	R59 Base + 3% óxido de manganês + 3% óxido de cobre	R60 Base + 5% óxido de manganês + 3% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			

Os resultados da mistura do óxido de cobre com o óxido de manganês apresentaram tons de verde e cores manchadas, principalmente na argila terracota, onde é possível notar manchas verdes onde há acúmulo de esmaltes e tons marrom escuro onde houve pouca densidade do esmalte. Os testes com maior presença do óxido de cobre geraram cores mais escuras e bastante opacas. Os testes com proporção igual ou maior do óxido de manganês apresentaram mais transparência e cores mais claras, especialmente na argila branca.

Tabela 32: Óxido de cromo verde + Óxido de manganês

	R61 Base + 1% óxido de manganês + 3% óxido de cromo verde	R62 Base + 1% óxido de manganês + 1% óxido de cromo verde	R63 Base + 3% óxido de manganês + 1% óxido de cromo verde
Argila branca			
Argila terracota			

O resultado da mistura do óxido de cromo com o óxido de manganês, produziu tons que vão do verde bandeira ao verde oliva, de cores bastante homogêneas e opacas, com textura brilhante. Os testes com maior proporção de óxido de cromo (R61) apresentaram a cor verde bandeira, característica deste óxido. Os testes com maior proporção do óxido de manganês (R63) resultaram em verde oliva escuro.

Tabela 33: Óxido de ferro vermelho + Óxido de manganês

	R64 Base + 3% óxido de manganês + 10% óxido de ferro vermelho	R65 Base + 5% óxido de manganês + 5% óxido de ferro vermelho	R66 Base + 5% óxido de manganês + 3% óxido de ferro vermelho
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes da mistura do óxido de manganês com óxido de ferro apresentaram textura brilhante e bastante variação de cor, causada tanto pelas diferentes proporções utilizadas de cada óxido, bem como as diferentes argilas utilizadas nos corpos de testes. Na argila vermelha, podemos observar que o teste com maior quantidade de óxido de ferro (R64) apresenta tons acinzentados com manchas azuis inconstantes e pontinhos, o teste com a mesma proporção dos dois óxidos (R65) resultou em tom bege, com manchas escuras e azuladas causadas em áreas com baixa densidade do esmalte, já o teste com maior proporção do óxido de manganês (R66) resultou em tom acinzentado, com nuances do roxo característicos. Já na argila branca, o teste com maior quantidade de óxido de ferro (R64) resultou em tom bege com pontinhos e manchas azuladas, em áreas com maior densidade do esmalte é possível observar manchas arroxeadas. O teste com a mesma proporção dos dois óxidos (R65) resultou em tom bege e o teste com maior quantidade de óxido de manganês (R66) resultou em tom bege mais claro, com pequenas manchas arroxeadas onde houve acúmulo (densidade) de esmalte (R66).

Tabela 34: Óxido de cobalto + Óxido de ferro vermelho

	R67 Base +10% óxido de ferro vermelho +1% óxido de cobalto	R68 Base +3% óxido de ferro vermelho +3% óxido de cobalto	R69 Base +1% óxido de ferro vermelho +3% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			







Os resultados dos testes da mistura do óxido de ferro com óxido de cobalto, resultaram em tons azuis com textura cristalina e brilhante. Podemos notar nos testes com maior quantidade do óxido de ferro (R67), em ambas as argilas, houve aparição de pontinhos e alteração no tom azul característico do óxido de cobalto, que nestes testes apresentaram tom de azul mais quente e fechado. Os testes com a mesma proporção dos dois óxidos (R68) ficaram com a densidade baixa, sendo possível notar transparência no esmalte: na argila branca, manchas mais claras e pontinhos; na argila terracota, manchas mais escuras; os tons de azul característico do óxido de cobalto apareceram onde houve acúmulo (maior densidade) de esmalte. Também é possível observar na argila branca, manchas escuras que aparentam ser craquelamento. Já os testes com maior quantidade do óxido de cobalto (R69), apresentaram o azul característico do óxido de cobalto e constância na cor.

Tabela 35: Óxido de cobre + Óxido de ferro vermelho

	R70 Base + 10% óxido de ferro vermelho + 3% óxido de cobre	R71 Base + 5% óxido de ferro vermelho + 5% óxido de cobre	R72 Base + 3% óxido de ferro vermelho + 5% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			







Os testes mesclando o óxido de ferro com o óxido de cobre resultaram em esmaltes com textura brilhante e cristalina. Quanto à cor, os resultados foram variações de tons verde oliva, alguns mais claros e outros mais escuros, mais uma vez é possível notar o óxido de ferro aquecendo os tons característicos de outros óxidos, como foi com o óxido de cobalto. Todos os testes apresentaram manchas conforme a densidade do esmalte. Os testes com maior quantidade de óxido de ferro (R70), na argila branca resultou em um tom com fundo cinza esverdeado e manchas azuis e pontinhos, já na argila vermelha, o resultado foi verde oliva, com manchas azuladas onde houve acúmulo do esmalte e manchas escuras onde houve menor densidade do esmalte. Os outros testes (R71 e R72) tiveram resultados bem parecidos: verde oliva com manchas amarronzadas, somente o teste com maior quantidade de óxido de cobre (R72) na argila branca ficou mais escuro que os outros.

Tabela 36: Óxido de cromo verde + Óxido de ferro vermelho

	R73 Base + 10% óxido de ferro vermelho + 3% óxido de cromo verde	R74 Base + 3% óxido de ferro vermelho + 3% óxido de cromo verde	R75 Base + 3% óxido de ferro vermelho + 5% óxido de cromo verde
Argila branca			
Argila terracota			

Os resultados da mistura do óxido de ferro com óxido de cromo verde foram esmaltes com textura brilhante, cores escuras e homogêneas com aparição de pontinhos. Os testes com maior quantidade de óxido de ferro (R73) resultaram em tom roxo amarronzado, na argila terracota também é possível notar nuances de cinza. Os demais testes (R74 e R75) apresentaram tons muito semelhantes de verde escuro.

Tabela 37: Óxido de cobalto + Óxido de cromo verde

	R76 Base + 1% óxido de cromo verde + 3% óxido de cobalto	R77 Base + 1% óxido de cromo verde + 1% óxido de cobalto	R78 Base + 3% óxido de cromo verde + 1% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			






Os testes da mescla do óxido de cromo verde com o óxido de cobalto resultaram em tons de verde bandeira (característico do óxido de cromo) e verde azulado, de cor constante e textura cristalina, ambas as argilas apresentaram resultados semelhantes de cores, sendo a variação nos tons causada apenas pelas diferentes proporções de óxidos colorantes na base. Os testes com maior adição de óxido de cobalto (R76) resultaram em verde azulado com pontinhos, os testes com a mesma proporção dos dois óxidos (R77) resultou em verde com nuances de azul, tendo predominância da cor característica do óxido de cromo. Os resultados com maior proporção do óxido de cromo verde (R78) resultaram em verde bandeira, cor característica deste óxido.

Tabela 38: Óxido de cobre + Óxido de cromo verde

	R79 Base + 1% óxido de cromo verde + 3% óxido de cobre	R80 Base + 1% óxido de cromo verde + 1% óxido de cobre	R81 Base + 3% óxido de cromo verde + 1% óxido de cobre
Argila branca			
Argila terracota			

Os testes da mistura do óxido de cromo verde com o óxido de cobre resultaram em esmaltes brilhantes, com variação de cor causada pelas diferentes proporções dos óxidos na base, as diferentes argilas não interferiram na cor dos esmaltes. Os testes com maior adição do óxido de cobre (R79) resultaram em verde escuro acinzentado com pontinhos. Os testes com a mesma proporção dos dois óxidos (R80) resultaram em verde suave com pontinhos e algumas manchas. Já os testes com maior adição do óxido de cromo verde (R81) resultaram em verde bandeira, de cor homogênea, características do óxido de cromo verde.

Tabela 39: Óxido de cobre + Óxido de cobalto

	R82 Base + 5% óxido de cobre +1% óxido de cobalto	R83 Base +1% óxido de cobre +1% óxido de cobalto	R84 Base + 1% óxido de cobre +3% óxido de cobalto
Argila branca			
Argila terracota			

Os testes da mistura do óxido de cobre com o óxido de cobalto apresentaram esmaltes brilhantes, com bastante variação de tons. Os testes com maior adição de cobre (R82) resultaram em tons turquesa suave, sem alteração de cor nas diferentes argilas. Os testes com a mesma proporção dos dois óxidos (R83) resultaram em azul claro e suave, demonstrando predominância do óxido de cobalto, também é possível observar que a densidade do esmalte ficou baixa, pois apresentou muita transparência. Na argila branca também houve craquelamento. Já os testes com maior proporção do óxido de cobalto (R84) resultaram em tons azuis característico deste óxido, com pontinhos, sendo mais escuro na argila terracota. Na argila branca também houve craquelamento e bastante transparência.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando iniciei esta pesquisa, procurava estender a paleta de cores de esmaltes que havia conhecido na disciplina Ateliê de Cerâmica, fazendo testes com óxidos colorantes em diferentes proporções e mesclando estes óxidos para observar os resultados. A partir disso, surgiu a necessidade de entender mais sobre o mundo dos vidrados e, para além da prática, conhecer mais sobre a história, as classificações, a composição química e os fatores que influenciam no resultado final de um esmalte.

Constata-se que a pesquisa atingiu o objetivo de ampliar a paleta de cores de esmaltes cerâmicos, pois foram formuladas, a partir de uma base, 108 receitas e realizados 218 testes, onde é possível observar a saturação ou até mudança de tons causada por maiores adições dos óxidos, a diferença entre os resultados em diferentes argilas e a reação de um óxido mesclado a outro em diferentes proporções. Os resultados expandiram meu entendimento sobre as cores dos óxidos naquela base. Com a pesquisa também pude entender a composição dos esmaltes, os materiais necessários para formar uma base, as classificações segundo diferentes autores e as variantes que podem modificar o resultado de um esmalte.

Entretanto, percebi como a complexidade do tema era subestimada, havendo obstáculos no processo da pesquisa, sendo o primeiro deles a investigação da temperatura do forno, que foi danificado e não pode ser mais utilizado, depois a busca de um novo forno funcionando na temperatura desejada (1000°C), a busca de uma balança para pesar as receitas de forma precisa e até mesmo a dificuldade em encontrar material teórico. Apesar da biblioteca da UFU ter um acervo de qualidade em relação ao tema, houve dificuldade em encontrar informações referentes à história dos esmaltes, bem como diferenças entre informações proferidas pelos autores, por exemplo, a datação do surgimento da cerâmica, dos esmaltes, a definição do que seria alta, média e baixa temperatura, entre outros.

São vários os fatores que influenciam no resultado final de um esmalte, como a proporção dos materiais na receita, densidade do esmalte (quantidade de água), espessura da camada, tipos de aplicação, temperatura ou tipo de queima, tipo de argila, tempo de queima e esfriamento, etc. Sendo assim, a reprodução das receitas contidas nesse trabalho pode gerar resultados diferentes, é importante fazer testes.

A partir deste trabalho, surgiu o interesse de pesquisar uma nova base para esmaltes de baixa temperatura sem a utilização de fritas, o que não pode ser realizado devido ao tempo hábil desta pesquisa, mas que pode ser uma proposta para estudos futuros.

BIBLIOGRAFIA

CHAVARRIA, Joaquim-Manuel. **Esmaltes**. 3 ed. Barcelona: Editora Parramón, 2002.

CHAVARRIA, Joaquim-Manuel. **La cerâmica**. 6 ed. Barcelona: Editora Parramón, 2006.

CHITI, Jorge Fernández. **Curso práctico de cerâmica**, volume 2. 5 ed. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1986.

CHITI, Jorge Fernández. **Curso práctico de cerâmica**, volume 3, el libro de la decoracion. 5 ed. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1987.

CHITI, Jorge Fernández. **Diagnostico de materiales cerâmicos**: el laboratorio del ceramista. 1 ed. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1986.

CHITI, Jorge Fernández. **Manual de esmaltes cerâmicos**, volume 1. 2 ed. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1981.

CHITI, Jorge Fernández. **Manual de esmaltes cerâmicos**, volume 3. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1987.

CHITI, Jorge Fernández. **Qué es la ceramología**. Buenos Aires: Editora Condorhuasi, 1992.

FRIGOLA, Maria Dolors Ros i. **Cerâmica artística**. 1 ed. Barcelona: Editora Parramón, 2005.

RODRIGUES, Maria Regina. **Cerâmica**. 1 ed. Vitoria: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2011.

VITTEL, Caude. **Cerâmica** (pastas y vidriados). Madri: Editora Paraninfo, 1978.