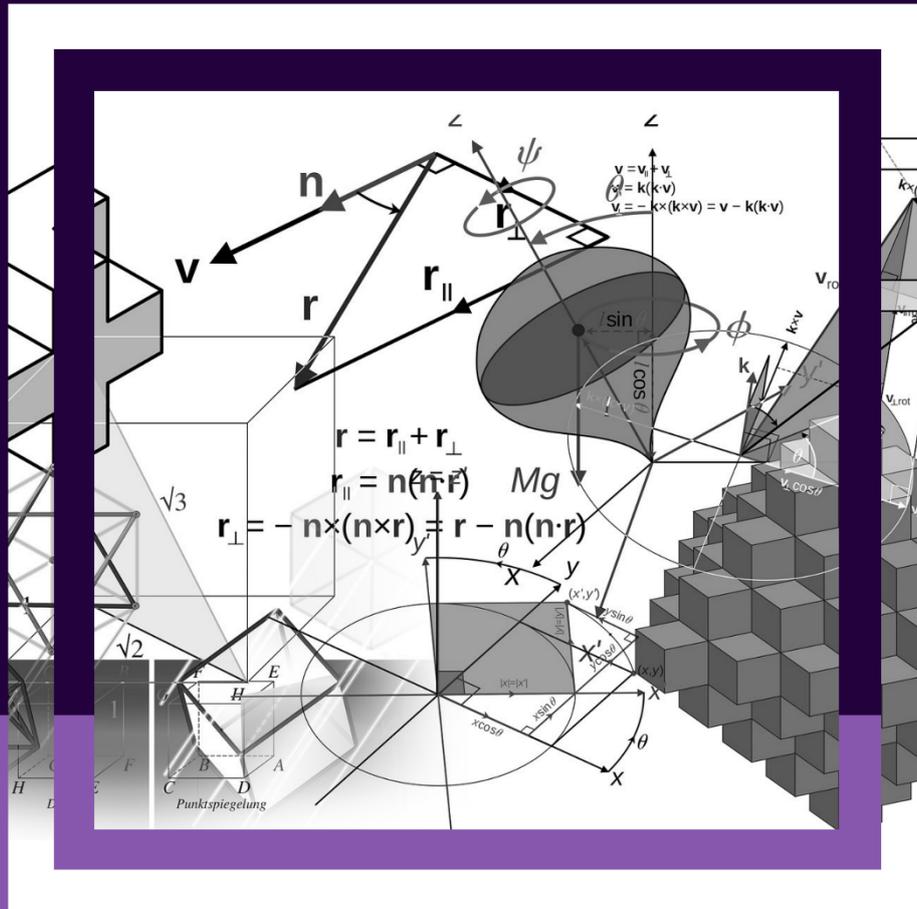


Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organização



Práticas e pesquisas aplicadas em

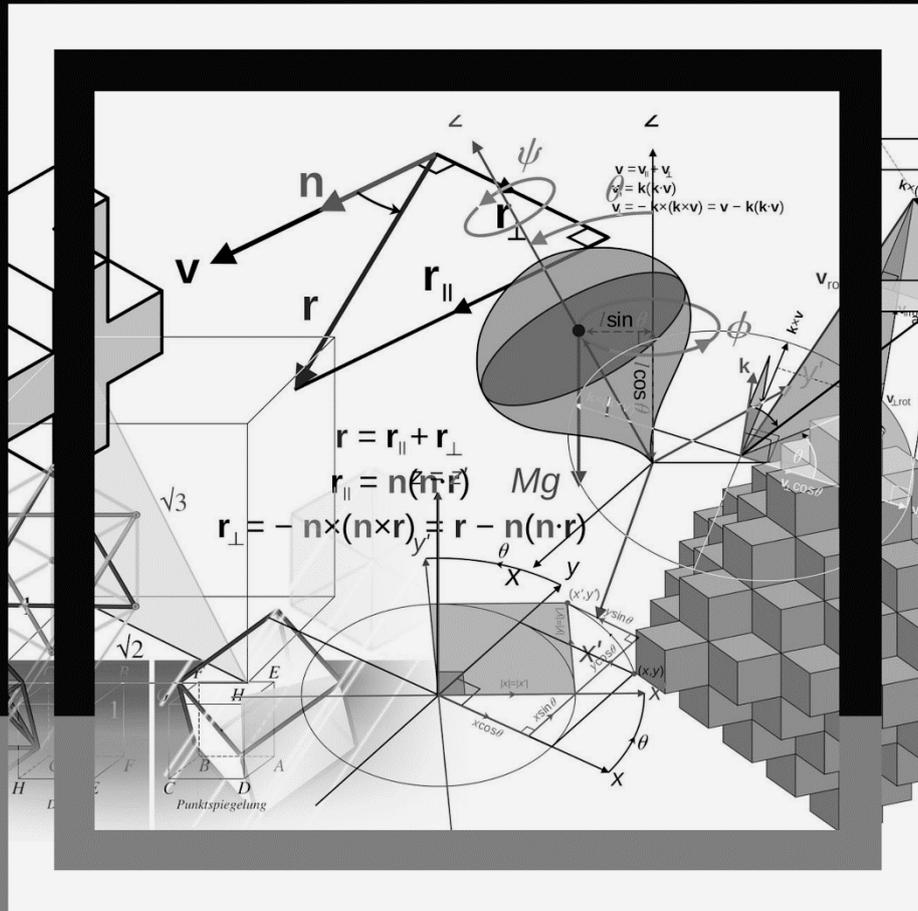
Ciências exatas



2023

3

Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organização



Práticas e pesquisas aplicadas em

Ciências exatas



2023

3

Editora Chefe

Patrícia Gonçalves de Freitas

Editor

Roger Goulart Mello

Diagramação

Patrícia Gonçalves de Freitas

Roger Goulart Mello

Projeto gráfico e edição de arte

Patrícia Gonçalves de Freitas

2023 by Editora e-Publicar

Copyright © Editora e-Publicar

Copyright do Texto © 2023 Os autores

Copyright da Edição © 2023 Editora e-Publicar

Direitos para esta edição cedidos
à Editora e-Publicar pelos autores**Revisão**
Os Autores**Open access publication by Editora e-Publicar****PRÁTICAS E PESQUISAS APLICADAS EM CIÊNCIAS EXATAS, VOLUME 3.**

Todo o conteúdo dos capítulos desta obra, dados, informações e correções são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download e compartilhamento da obra são permitidos desde que os créditos sejam devidamente atribuídos aos autores. É vedada a realização de alterações na obra, assim como sua utilização para fins comerciais.

A Editora e-Publicar não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade Federal de Santa Catarina

Alessandra Dale Giacomini Terra – Universidade Federal Fluminense

Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia

Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco

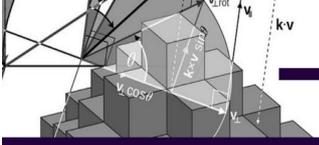
Cristiana Barcelos da Silva – Universidade do Estado de Minas Gerais

**2023**

Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina
Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - Universidade Federal de Pernambuco
Deivid Alex dos Santos - Universidade Estadual de Londrina
Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Edilene Dias Santos - Universidade Federal de Campina Grande
Edwaldo Costa – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Érica de Melo Azevedo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
Ernane Rosa Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará
Glaucio Martins da Silva Bandeira – Universidade Federal Fluminense
Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade CEUMA
Jaisa Klauss - Instituto de Ensino Superior e Formação Avançada de Vitória
Jesus Rodrigues Lemos - Universidade Federal do Delta do Parnaíba
João Paulo Hergesel - Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Jordany Gomes da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas
Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará
Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes
Marcos Pereira dos Santos - Faculdade Eugênio Gomes
Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo



2023



CAPÍTULO 4

MÉTODO PARA ORGANIZAÇÃO DO PROCESSO DE MONTAGEM DE MOSAICOS NA PRODUÇÃO DE LADRILHOS E CHAPAS DE MATERIAIS GEMOLÓGICO PARA O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Fernanda Almeida Ferreira
Thiago Motta Bolonini

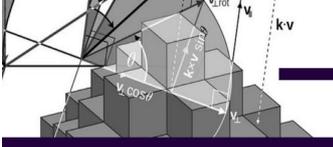
RESUMO

O setor de rochas ornamentais utiliza materiais comuns ao setor de gemas para produzir chapas em mosaico e tem se beneficiado com esta aplicação, resultando em uma ampla variedade de opções de cores e desenhos para as chapas. No entanto, no processo de produção, a falta de acesso visual à totalidade dos fragmentos em estoque, adicionado ao armazenamento desorganizado das peças impõe dificuldades aos profissionais que montam os mosaicos, impactando no tempo de produção. Na tentativa de solucionar esse problema, este trabalho buscou testar um método de montagem para os mosaicos utilizando imagens digitais como ferramentas para adicionar controle, funcionalidade e eficiência ao processo, auxiliando na tarefa da organização do estoque e facilitando o acesso às peças disponíveis no mesmo para projetar os mosaicos e otimizar a produção. O método proposto consiste: na digitalização dos fragmentos minerais, recortando-os e identificando-os como os fragmentos físicos para individualização das peças; na organização do estoque físico e virtual das peças; na montagem virtual (projeto) de um mosaico em escala 1:1, gerando um mapa de contorno das peças com suas localizações e identificações. Para executar o método proposto, fragmentos de amazonita foram cortados e polidos em diferentes tamanhos e formatos e identificados com um padrão alfanumérico. Os fragmentos foram digitalizados com uma impressora multifuncional e um programa de edição de imagens foi utilizado para recortar os fragmentos da imagem, nomeando os fragmentos virtuais com as identificações correspondentes aos fragmentos físicos. Após a montagem virtual do mosaico, um mapa de peças foi produzido, apresentando as linhas de contorno das peças e suas identificações. Em seguida, um ladrilho real foi produzido seguindo o mapa impresso, utilizando um recipiente de polipropileno para a montagem e a resinagem. O mapa de peças foi posicionado sob o recipiente e as peças físicas foram dispostas nos locais designados no mapa. Para preencher os vazios e realizar a colagem, foi utilizada resina epóxi. Após finalizado o tempo de cura da resina, o ladrilho foi formatado e polido. O resultado obtido foi um ladrilho que seguiu uma sequência lógica de produção, com organização e controle eficientes do estoque de peças. O método permite a digitalização de diversos tipos de materiais, possibilitando sua combinação em um ambiente virtual antes da produção. Com o controle do estoque e o acesso simultâneo a todas as peças disponíveis, aumenta-se o aproveitamento dos materiais e as possibilidades de desenhos que podem ser produzidos. Esse trabalho demonstra que o método adotado pode ser replicado em escala industrial, pois possui uma execução simples e requer poucos recursos para ser implementado com sucesso.

PALAVRAS-CHAVE: Rochas ornamentais; Mosaico; Imagens; Amazonita.

1. INTRODUÇÃO

As rochas para revestimento são utilizadas de diferentes maneiras como, por exemplo, fachadas infláveis, assentada com argamassa, piso elevado, balcões de cozinha e banheiro, rodapés, entre muitas outras. Destacando-se, inclusive, o aproveitamento de resíduos das jazidas de rochas para a confecção de mosaicos, revestimento e até mesmo estrutura (OLIVEIRA, 2021).



A atividade de extração das rochas ornamentais gera uma quantidade preocupante de resíduos, mesmo que inerte e atóxico, fato que acaba gerando desafios para a produção, como o descarte ou reaproveitamento desses materiais (ZAMPIROLI, 2007).

O mesmo se aplica à extração de materiais gemológicos, onde muito do que se extrai não possui qualidade suficiente para alcançar altos valores agregados (BELLO *et al.*, 2013). Tais materiais acabam por serem descartados ou por serem utilizados para finalidades menos nobres que compor uma peça de adorno, uma joia, por exemplo. Insistindo na tônica do aproveitamento, tais materiais gemológicos de menor qualidade para o setor de gemas, joias e afins, tem ganhado prestígio quando arranjados em mosaicos, cobertos por resina e polidos em forma de chapas pelo setor de rochas ornamentais.

No setor de rochas ornamentais, os materiais oriundos da extração de gemas são utilizados nos denominados materiais compostos “semipreciosos - *semi precious stones*” que, de acordo com Lima (2018), são materiais produzidos a partir de fragmentos de rochas ou minerais arranjados em forma de mosaico (dependendo ainda, portanto, do senso artístico e talento de design dos profissionais que os idealizam) e que podem ser trabalhados em diversos formatos e dimensões, incluindo aqueles utilizados na produção de chapas comercializadas pelo setor de rochas ornamentais.

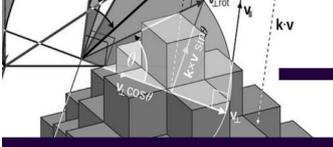
Como a montagem do mosaico é um processo artístico, as peças, ou seja, os fragmentos de minerais ou rochas precisam estar ao alcance visual do artista durante todo o trabalho de concepção. Entretanto, o que ocorre comumente no setor é o acúmulo dos fragmentos em pilhas (Figura 1A) ou em recipientes (Figura 1B) e isso pode tornar o trabalho moroso ou mesmo limitar o potencial de criação do artista incumbido da tarefa de organizar todas as peças em um padrão estético aprazível.

Figura 1: Fragmentos utilizados para a montagem de chapas em mosaico.



Legenda: A) Fragmentos de quartzo recortados com espessura constante de 30 mm; B) Fragmentos de ágata fatiadas com espessura variável entre 25 e 30 mm.

Fonte: A) Lima (2018); B) Autoria própria (2023).



Devido à escassez de informação bibliográfica, dentro da indústria de beneficiamento não é de grande conhecimento público o processo de montagem dos mosaicos e de produção das chapas no setor de rochas ornamentais; o que torna difícil, mas necessária, a tarefa de caracterizar tais processos e de buscar ferramentas que auxiliem em sua otimização. Logo, a ideia de fornecer um pouco mais de praticidade à essa etapa e ao artista foi o que motivou a realização deste trabalho, uma vez que tal ação têm implicações diretas na escala de produção e no valor final do produto idealizado. Portanto, a busca de ferramentas tecnológicas quais sejam equipamentos e/ou programas computacionais que possam auxiliar na montagem desses mosaicos e testá-las foi tarefa preponderante nesse trabalho.

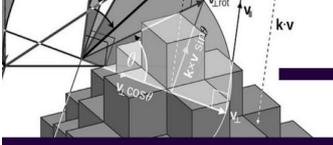
O presente trabalho tem como objetivos caracterizar o processo atual de montagem dos mosaicos de minerais e rochas para a produção de chapas para o setor de rochas ornamentais, testar a utilização de equipamentos e/ou programas de computador para a concepção dos mosaicos testando uma nova técnica para montagem de mosaicos utilizando imagens digitais que possam otimizá-lo ou torná-lo mais eficiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Dentro do universo de técnicas utilizadas pelo setor de rochas ornamentais para produção de chapas e para o controle de qualidade, seja durante a produção ou mesmo após a aplicação dos materiais pétreos em seus ambientes de uso, serão enfatizadas aqui a técnica que utiliza a montagem em mosaico como ferramenta para produção de chapas fornecendo noções acerca das técnicas que podem ser aplicadas a partir de outras áreas; aspectos da utilização de imagens digitais pelo setor de rochas ornamentais, seja para controle de qualidade ou mesmo para divulgação (considerando que neste trabalho, as imagens serão vitais para a execução as etapas de produção previstas na metodologia) e, ainda, aspectos relacionados às resinas utilizadas pelo mesmo uma vez que nas chapas em mosaico as peças são unidas pela resina.

2.1 A arte de produzir mosaicos: técnicas e processos de criação

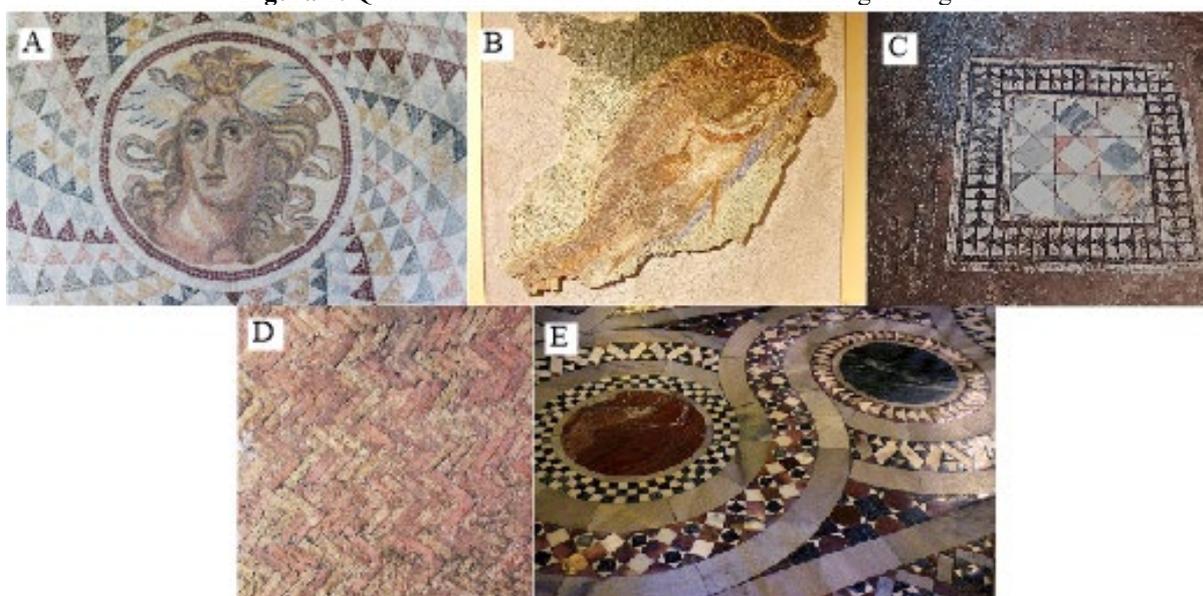
O mosaico é uma forma de arte decorativa que utiliza diversos tipos de materiais como pedras, cerâmicas, vidros e outros em forma de fragmentos que são combinados em desenhos sobre suportes variados. É uma arte difícil de reproduzir porque envolve originalidade e requer cuidados na execução técnica. A palavra mosaico significa o estudo do preenchimento do plano com figuras geométricas ou informais e vem do latim “musa” e é uma das primeiras formas de expressão cultural humana (SILVEIRA; BISOGNIN, 2005).



Os mosaicos, segundo Mucci (1962), com o aperfeiçoamento técnico, são divididos nos seguintes tipos (Figura 2): *Opus tessellatum* - Era utilizado para pisos e murais e feito com pequenos cubos com pedras de várias cores, terracota, ou ainda de blocos de vidros colocados de acordo com um determinado desenho (Figura 2A); *Opus vermiculatum* - Era um tipo de mosaico preparado de pequenas pedras com lados curvos, facilitando a execução de decorações curvas, espirais, etc. (Figura 2B); *Opus sectile* - Mosaico executado com pedaços de mármore de diferentes cores e dimensões, cortados de maneira a formarem um trabalho do tipo marchetado (Figura 2C); *Opus spicatum* - Mosaico feito de pedras combinadas em aspecto de espinha de peixe (Figura 2D); *Opus alexandrinum* - Consiste em fragmentos de rochas duras, como pórfido, serpentina, entre outros, de várias formas, dispostas em padrões geométricos (Figura 2E).

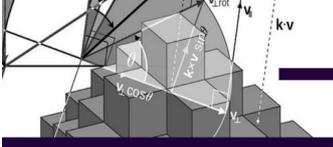
É importante salientar que todas essas técnicas são passíveis de aplicação pelo setor de rochas ornamentais para a produção de chapas, pois o que determinará a sua classificação será o padrão de desenho ou *design* formado a partir do arranjo das peças e seus formatos e não a partir da composição do material que será utilizado para a montagem. Observa-se que as composições implicarão nas resistências que os materiais oferecerão às solicitações químicas e físicas quando aplicados seja em um piso ou em uma fachada.

Figura 2: Quadro com amostras de mosaicos - Materiais gemológicos.



Legenda: A) Piso, detalhe da górgona Medusa, *opus tessellatum*, encontrada em Zea; B) Painel decorativo em *opus vermiculatum*: peixe - Museus Palatinos, Centrale Montemartini, Roma; C) Piso *opus sectile* mosaico Casa do Urso Pompéia; D) *Opus spicatum* Mercados de Trajano, Roma; E) Pavimentação cosmatesca, *opus alexandrinum* na Capela Palatina da Catedral de Aachen.

Fonte: Montagem de autoria própria a partir de imagens coletadas em Wikimedia Commons (2023).



Mucci (1962) aborda os materiais empregados nas composições musivas onde podem ser englobadas as pedras naturais, tanto aqueles considerados materiais gemológicos quanto os comumente utilizados pelo setor de rochas ornamentais (granitos, quartzitos, mármore e calcários) e revela ainda, a preocupação que se deve ter com a(s) dureza(s) do(s) material(is) utilizado(s), pois ao montar um piso em mosaico, por exemplo, este estará sujeito a um desgaste contínuo por fricção, além das corrosões devido ao intemperismo.

Nesse caso, é importante frisar que a fixação das peças nos mosaicos citados poderia se dar por meios completamente diferentes dos utilizados hoje na pavimentação (argamassas, materiais cimentícios e areia) ou mesmo no revestimento de superfícies (argamassas, resinas e massas plásticas, por exemplo).

2.2 A produção de chapas em mosaico a partir de materiais gemológicos: características e tipos de materiais produzidos

A aplicação das rochas ornamentais como revestimento ocorre em diversas formas: fachada aerada, assentada com argamassa, piso elevado, peças de mobiliário, balcões de cozinha e banheiro, rodapés, soleiras, entre muitas outras, destacando-se o aproveitamento de sobras das jazidas de rochas para a confecção de mosaicos, revestimento e até mesmo estrutura (OLIVEIRA, 2021).

Dentre os materiais produzidos e aplicados, aqueles em formato de mosaico são apreciados pela exclusividade, beleza e versatilidade relacionada à montagem com diversos padrões que apresentam. Em função de tais especificidades, são materiais que possuem altos valores agregados que os direcionam a um público seletivo, principalmente no exterior, pois são destinados em sua maioria à exportação.

No setor de rochas ornamentais as empresas classificam comercialmente os mosaicos como “*Gemstones* ou *Semi Precious stones*” que são materiais que podem ser produzidos a partir de fragmentos de rochas ou minerais, como os exemplos no quadro da Figura 3, cujos fragmentos são organizados em mosaicos e, logo, dependem da sensibilidade artística e da aptidão em design dos profissionais que os montam (LIMA, 2018).

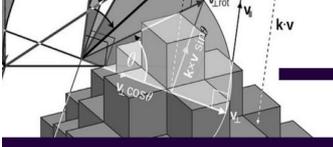
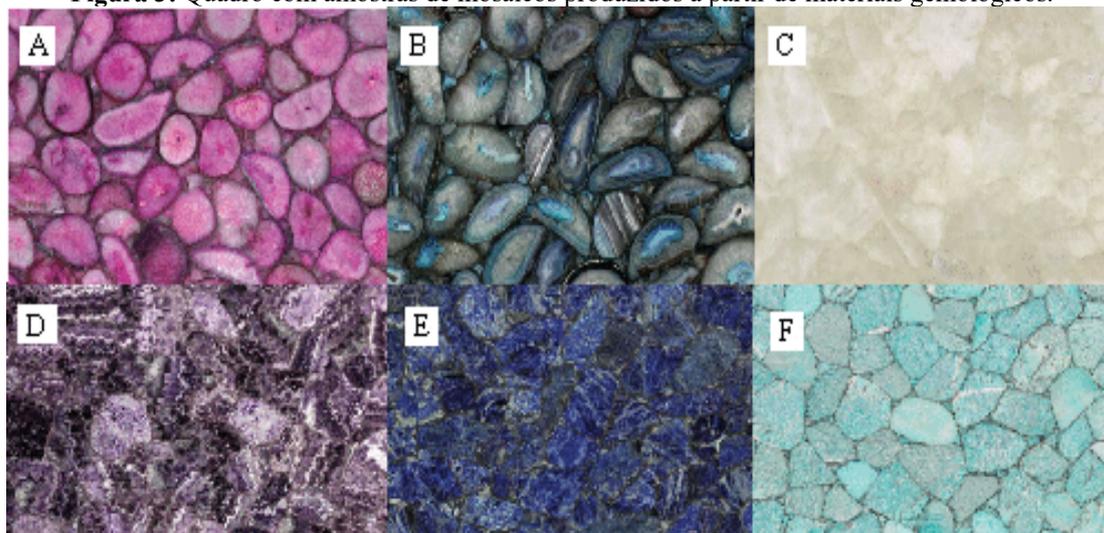


Figura 3: Quadro com amostras de mosaicos produzidos a partir de materiais gemológicos.



Fonte: Autoria própria, com imagens adaptadas de Antolini do Brasil (2023).

Diversos são os materiais que podem ser aplicados no setor de rochas ornamentais e que também tem utilização no setor de gemas e joias. Entre eles estão as ágatas, os asbestos silicificados (quartzo olho-de-tigre) e minerais como cristais de ametista, quartzo fumê, quartzo hialino, quartzo rosa, amazonita, lazurita, etc., alguns exemplos com fósseis (amonites, turrítelas, etc.), além de *doublets* e *triplets* (composições em camadas de mais de um tipo de material) (LIMA, 2018).

Dentre os materiais supracitados, o de uso gemológico mais difundido é o quartzo hialino pela sua abundância na natureza. A autora ainda ressalta que atualmente o quartzo, coloquialmente conhecido como “cristal de rocha”, como gema, é pouco atraente devido ao baixo valor agregado quando lapidado. Entretanto, as chapas em mosaico produzidas a partir de fragmentos do mesmo mineral podem agregar valores atrativos aos mesmos (mesmo que com baixa qualidade em termos de aproveitamento para a lapidação em formato facetado para joias).

Diante da relação entre o setor de gemas, joias e afins e o setor de rochas ornamentais demonstrada, se faz importante a caracterização do processo de produção de chapas em formato de mosaico pelo setor de rochas ornamentais utilizando materiais gemológicos. Lima (2018) resume as etapas da montagem do mosaico, na qual blocos de quartzo com diversos formatos (Figura 4) são acomodados em um caixote e concretados, secos e serrados (em sistema idêntico ao de serragem de chapas a partir de blocos de rocha) para produção das fatias/fragmentos a serem organizadas em mosaico.

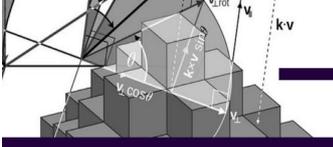
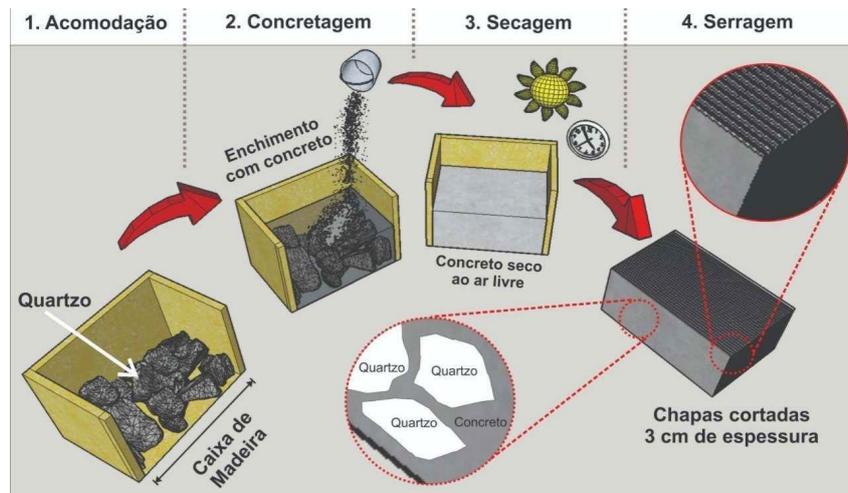


Figura 4: Esquema de posicionamento dos blocos para serragem.



Fonte: Lima (2018).

Em seguida os fragmentos são limpos, recortados e montados no molde e, após seca a chapa, a mesma é desmoldada e enviada para o polimento. Na figura 5, são apresentadas as etapas da produção de chapas compostas utilizando quartzo e como são montadas, com base no trabalho de Lima (2018). Na figura 6 é possível verificar fragmentos organizados em uma forma durante o processo de mosaicação (Etapa 4 da figura 5). Por fim, na figura 7, é possível ver a chapa pronta após beneficiada (polida) na indústria.

Figura 5: Fluxograma do processo de produção de chapas compostas utilizando quartzo.

Etapa	Atividade	Descrição sumária
1	Preparação do bloco	Acomodação de fragmentos de quartzo em uma caixa e concretagem do material.
2	Desmoldagem I	Retirada dos fragmentos serrados da matriz de concreto.
3	Recorte e limpeza	Corte retilíneo das bordas para melhor ajuste no mosaico Limpeza (lavagem com água) para retirada dos resíduos do corte e do concreto.
4	Montagem do mosaico	Aplicação do agente desmoldante na base de vidro da moldura e acomodação dos fragmentos recortados.
5	Resinagem	Aplicação de resina epoxi para preenchimento dos interstícios e colagem do mosaico.
6	Secagem	Tempo necessário à solidificação da resina a partir da reação com o catalisador.
7	Desmoldagem II	Retirada da chapa seca da moldura.
8	Envio para transporte polimento	Carregamento e transporte das chapas para o beneficiamento superficial.

Fonte: Lima (2018).

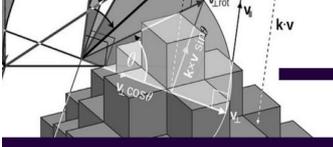
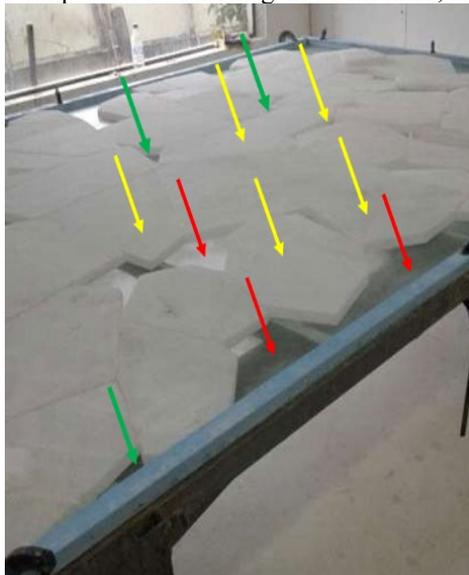


Figura 6: Fragmentos de quartzo em processo de montagem do mosaico, antes de serem cobertos por resina.



Legenda: setas amarelas – fragmentos de quartzo; setas vermelhas – espaços que receberão novos fragmentos de quartzo; setas verdes – espaços que serão preenchidos com resina epóxi e pedriscos (fragmentos cominuídos de quartzo).

Fonte: Adaptado de Lima (2018).

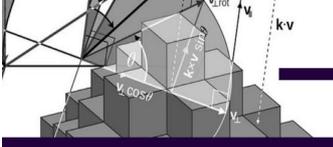
Figura 7: Chapa finalizada com diafaneidade translúcida.



Fonte: Lima (2018).

2.3 Resinas aplicadas ao beneficiamento de rochas ornamentais

Durante o processo de beneficiamento convencional da rocha, em específico o acabamento superficial, muitas etapas envolvem o uso de resinas poliméricas, tanto para corrigir imperfeições quanto para melhorar as propriedades funcionais e estéticas dos materiais pétreos. A maioria das resinas utilizadas é de origem petroquímica, como as resinas epóxis e



sua substituição por produtos de procedência vegetal vêm sendo pesquisada e viabilizada (PEREIRA *et al.*, 2020).

De acordo com Pereira *et al.* (2020), todo processo que utiliza resinas durante o beneficiamento de rochas exige diferentes níveis de adesão, transparência e resistência, o que gera a possibilidade de aplicação de novas resinas, mesmo que difiram em alguns aspectos como cor ou resistência, da resina epóxi.

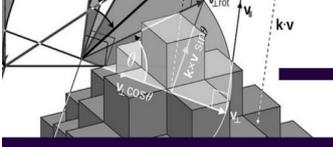
Segundo Pazeto (2017), o tratamento resinoso consiste na aplicação de um sistema de resina epóxi na superfície da chapa a ser polida que, após a cura, possibilita o aumento da resistência mecânica e química (resistência às intempéries) da rocha através do preenchimento de seus poros e micro descontinuidades. Devido à porosidade reduzida, o padrão de cor da chapa revestida com resina também é aprimorado e pode exibir brilho máximo após passar pelo processo de polimento final. Em suma, a autora explica que o processo da resinagem é realizado no setor para produção convencional de chapas, em três etapas: secagem das chapas levigadas (desbaste inicial mais agressivo e de nivelamento), aplicação do sistema epóxi e cura. O processo pode ser manual ou totalmente automatizado, sendo este último comum apenas em grandes indústrias (PAZETO, 2017).

No processo de mosaicagem, como descrito acima (Etapa 05 da figura 5; ver também a figura 6), os materiais organizados em formato de mosaico recebem uma quantidade relativamente grande de resina não só para melhoramento de aspectos visuais como a cor e a tonalidade ou para fechamento de poros oriundos das propriedades intrínsecas aos materiais pétreos. Na mosaicagem a resina também tem papel de estruturação física, desempenhando a função de cola para os fragmentos e para fechamento de aberturas oriundas das junções entre as peças/fatias/fragmentos organizadas no mosaico. Dada a aderência entre as peças provocada pela resinagem, o material ganha a resistência necessária para suportar o processo de beneficiamento superficial e o transporte bem como a resistência necessária à depender da sua aplicação.

2.4 O emprego de imagens digitais no setor de rochas ornamentais

Campello (2006) aborda sobre os trabalhos já desenvolvidos envolvendo o setor das rochas ornamentais e as técnicas de Processamento Digital de Imagens – PDI.

Entre eles destacam-se o desenvolvido pela Universidade de Bolonha - UNIBO, em que trata-se da aplicação da qualificação estética para a classificação de chapas polidas com base técnica, complementando assim suas caracterizações tecnológicas, dando certificação de



garantia quanto à homogeneidade da granulação e da cor de certos materiais italianos. Essas técnicas já favorecem os consumidores finais, em função das suas aplicações práticas.

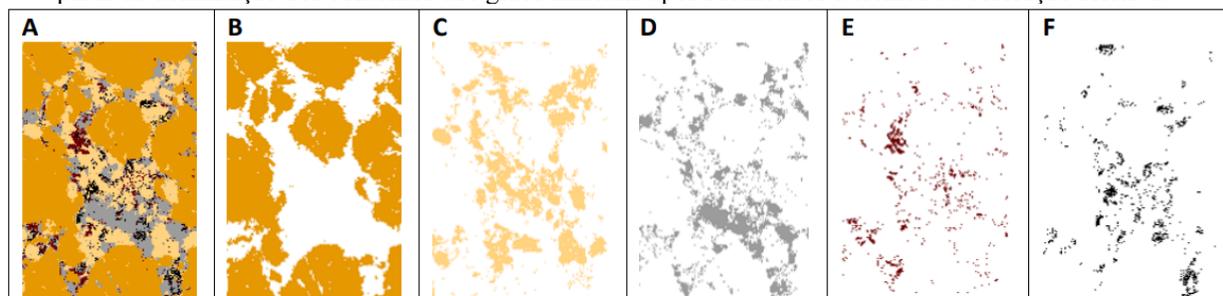
Outro importante trabalho, de acordo com Campello (2006) foi o desenvolvido por Maurício *et al.* (2000), no qual apresentam uma metodologia para análise superficial de material pétreo alterado, através de métodos não-destrutivos, validando a ampla aplicabilidade das técnicas de PDI para análise e caracterização macroscópica de imagens digitais monocromáticas (em tons de cinza), através da aplicação de métodos da morfologia matemática.

As análises das características visuais e medidas quantitativas, especialmente de cores, são importantes para possibilitar o controle de qualidade de alto padrão. Diversas ferramentas e técnicas podem ser usadas, como sensores ópticos e câmeras para capturar e digitalizar imagens das amostras das chapas polidas, bem como *software* e *hardware* para obter parâmetros estéticos, ou seja, medidas, formas e distribuição das orientações dos grãos (CAMPELLO, 2006).

É possível notar, então, que a digitalização de superfícies já vem sendo empregada pelo setor de rochas ornamentais há muito tempo e que as imagens podem, inclusive, ser tratadas em programas e com cálculos matemáticos para que sejam obtidos ou reconhecidos os resultados ou padrões pretendidos, a exemplo do controle de qualidade supracitado.

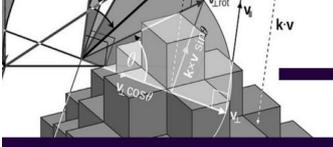
Tais tratamentos de imagem podem envolver o processamento com cortes e geração de imagens adicionais que atendam aos fins específicos a exemplo de Bolonini e outros (2016) onde a partir de uma superfície submetida a uma técnica de coloração seletiva foi possível delimitar contornos e distribuição de minerais que permitiram sua quantificação com base em uma imagem obtida em uma impressora multifuncional.

Figura 8: Exemplo de aplicação da classificação supervisionada de imagens na quantificação mineralógica a partir da delimitação dos contornos dos grãos minerais após submetidos à técnica de coloração seletiva.



Legenda: Minerais separados por classes conforme a coloração. **A)** Imagem classificada; **B)** Classe do microclínio; **C)** Classe do oligoclásio; **D)** Classe do quartzo; **E)** Classe da granada e **F)** Classe da biotita e do hiperstênio.

Fonte: Bolonini e outros (2016).



Dentro desse contexto, esse trabalho busca uma solução inovadora para o processo de montagem de chapas em formato de mosaico unindo as técnicas utilizadas para digitalização das superfícies, programas de computador capazes de processar tais imagens, as técnicas utilizadas para produção dos mosaicos e as técnicas utilizadas para a produção das chapas na indústria. Para tanto, apresenta-se a metodologia a seguir.

3. METODOLOGIA APLICADA

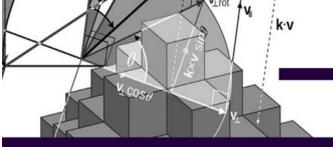
Para a caracterização do processo de produção de chapas, com ênfase na etapa denominada “mosaicagem”, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir de documentos relacionados ao assunto estudado. Na sequência, utilizando o mesmo suporte bibliográfico supracitado, foi abordado o uso de imagens digitais como ferramentas auxiliares em atividades relacionadas ao setor de rochas ornamentais, com definições e conceitos primordiais ao desenvolvimento deste trabalho.

Para avaliar o uso das imagens digitais como ferramentas auxiliares ao processo de mosaicagem, um mosaico foi montado a partir de fragmentos de amazonita (uma variedade de microclínio verde) cortados com espessura de cerca de 5 mm (+ ou – 2 mm) e formatos predominantemente triangulares (Figura 9) com o uso de uma serra diamantada nos Laboratório de Lapidagem – LABLAP, do Curso de Gemologia da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Os fragmentos tiveram as faces paralelas (superior e inferior) polidas pré-polidas com cinta de cortiça.

Figura 9: Fragmentos de amazonita cortados e polidos, antes da digitalização.



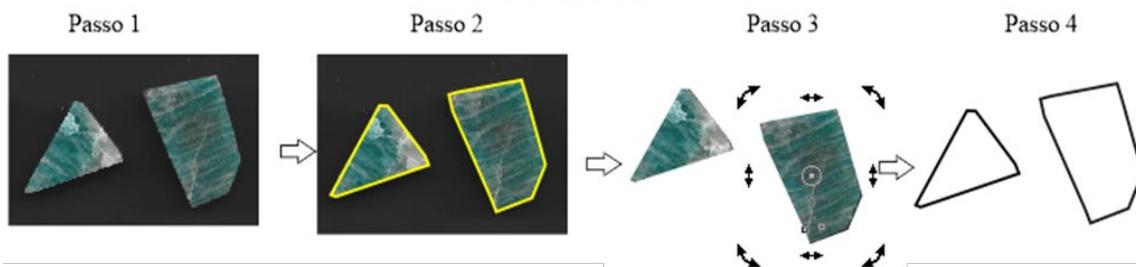
Fonte: Autoria própria (2023).



As placas foram digitalizadas (todas em uma mesa imagem) a partir de uma impressora multifuncional HP Deskjet 2376, no formato *Portable Network Graphic* (PNG) e a imagem gerada foi arquivada com o prefixo “amz_” para uso no estudo. As placas físicas receberam identificações em ordem crescente, a partir de “amz_001”, em suas laterais para que pudessem compor o denominado estoque físico de placas.

A imagem “amz_” original foi recortada, em um programa de edição de imagens, exatamente nos limites que contornam as placas para que estas pudessem ser rotacionadas dentro do ambiente do programa, facilitando assim a montagem do mosaico (Figura 10). Cabe ressaltar que todas as imagens foram cortadas com a mesma escala de tamanho da peça física (1: 1) para garantir que o modelo digital do mosaico pudesse ser reproduzido a partir da montagem com as peças reais sem distorção espacial.

Figura 10: Processo realizado para obtenção dos fragmentos digitais a partir da imagem original, bem como seus contornos.

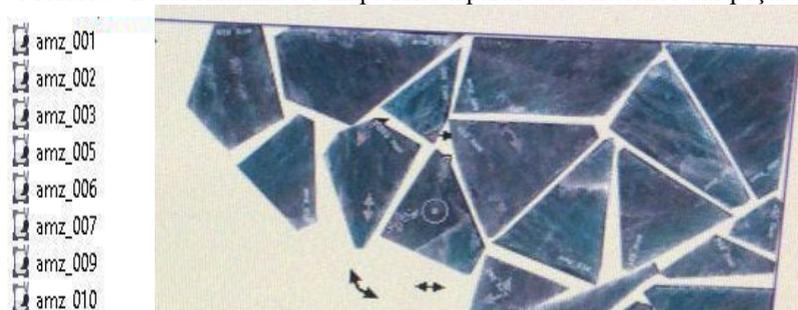


Legenda: **Passo 01** – Imagem original digitalizada; **Passo 02** – Imagem original com polígono de contorno das peças; **Passo 03** – Imagem recortada a partir do polígono e livre para movimentação (eixo X e eixo Y, além do giro); **Passo 04** – Polígono gerado a partir da posição final da peça no mosaico.

Fonte: Autoria própria (2023).

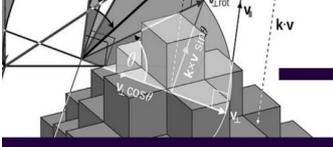
Ainda dentro do ambiente do programa, as peças foram organizadas em abas (como em um catálogo, figura 11) para que ficassem à disposição do artista ou *designer*. As peças físicas foram organizadas em ordem crescente para facilitar o acesso durante a montagem do mosaico real. Na aba principal do programa, como fundo de página, um polígono representando a forma a ser utilizada na produção da placa física foi desenhado medindo 8,6 cm x 8,6 cm.

Figura 11: Mosaico virtual finalizado e mapa feito a partir dos contornos das peças no mosaico.



Legenda: À esquerda, as imagens organizadas em ordem crescente (estoque virtual de peças); à direita, mosaico em edição com peça pronta para ser girada.

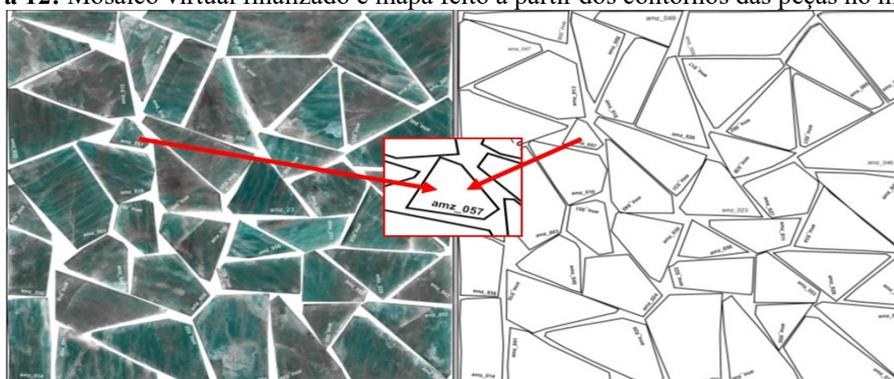
Fonte: Autoria própria (2023).



Na sequência, usando a forma virtual como referência, um mosaico foi montado a partir das imagens recortadas dos fragmentos (Figura 10, passo 03). Após a montagem do mosaico, os contornos das peças foram gerados (Figura 10, passo 04) de modo a gerar um mapa (Figura 12) que foi colocado sob um recipiente (Figura 13) incolor e transparente de polipropileno – PP preparado para receber as peças e a resina.

Na sequência, as placas foram posicionadas dentro da forma e os espaços vazios foram preenchidos com resina epóxi misturada com o endurecedor na proporção 1:2 (como recomendado pelo fabricante) que, por sua vez, solidificou todo o conjunto mantendo as peças coesas o suficiente para serem desgastadas até o polimento. É importante enfatizar que a pessoa que montou o mosaico virtual não foi a pessoa que realizou a montagem do modelo físico.

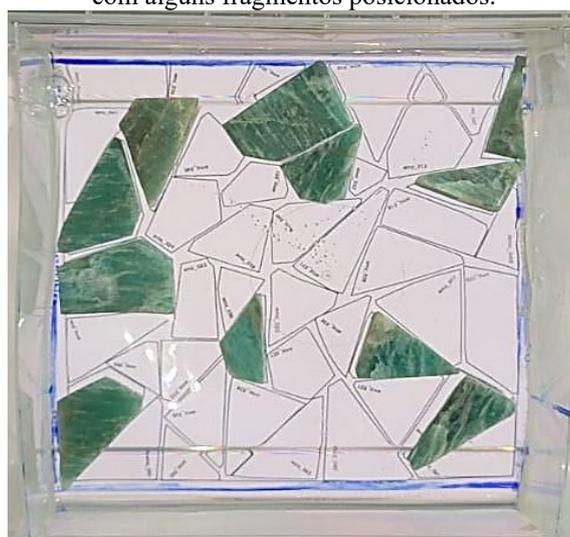
Figura 12: Mosaico virtual finalizado e mapa feito a partir dos contornos das peças no mosaico.



Legenda: As setas e o polígono vermelho em destaque indicam que cada peça possui a identificação alfanumérica utilizada para demarcar as peças físicas (Ex.: amz_057).

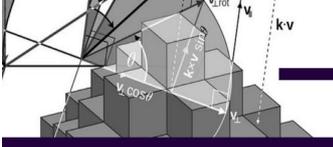
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 13: Recipiente de polipropileno com as dimensões da placa virtual e o mapa de contornos logo abaixo já com alguns fragmentos posicionados.



Fonte: Autoria própria (2023).

Para a avaliação do processo, a seguir serão feitas observações acerca da funcionalidade e da praticidade, da eficiência e do controle do processo até o resultado final (o mosaico) obtido



com a aplicação da técnica proposta contrapondo tais aspectos com o método convencional utilizado para a produção das chapas pelo setor de rochas ornamentais (etapa quatro do fluxograma da figura 5: montagem do mosaico). Esta etapa se constitui, única e exclusivamente, na disposição das peças sobre uma forma antes da aplicação da resina de preenchimento e reforço.

O resultado do trabalho será, então, uma análise comparativa entre os métodos de montagem de mosaicos, tradicional e o proposto, utilizando para elaboração deste último, fragmentos de amazonita.

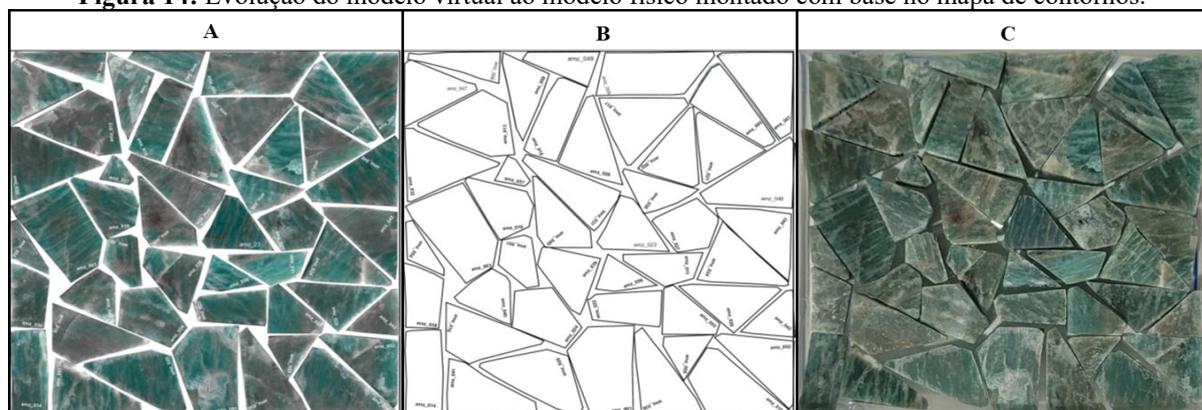
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização da pesquisa bibliográfica foram buscadas informações acerca de tecnologias ou ferramentas que pudessem ser ou que já tivessem sido aplicadas para a finalidade proposta (a produção de mosaico com base em imagens obtidas de superfícies pétreas digitalizadas). A busca, apesar de ter encontrado diversas aplicações para as imagens no setor de rochas ornamentais, não logrou êxito.

Entretanto, a partir dela, os principais aspectos da produção de chapas de mosaicos no setor de rochas ornamentais puderam ser caracterizados para serem confrontados aos relacionados ao método proposto.

Como resultado da aplicação da técnica, após a montagem do mosaico virtual e da geração do mapa de contornos foi possível reproduzir o posicionamento das peças em escala real no modelo físico (Figura 14) e produzir uma chapa com fragmentos de amazonita organizados em formato de mosaico.

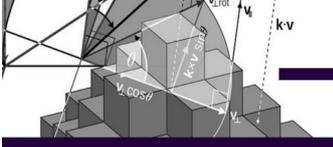
Figura 14: Evolução do modelo virtual ao modelo físico montado com base no mapa de contornos.



Legenda: A) Mosaico virtual; B) Mapa de contornos; C) Mosaico físico, modelo real.

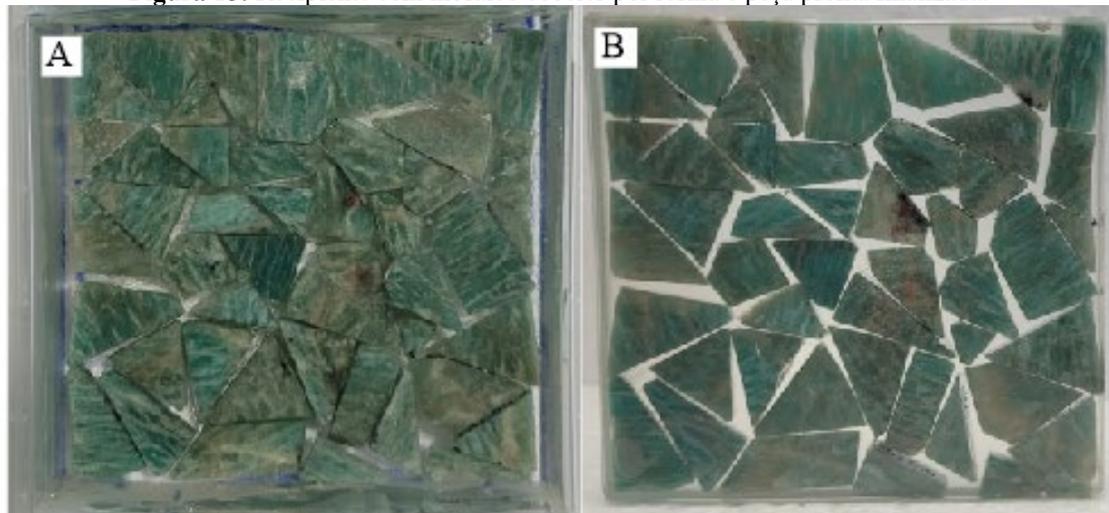
Fonte: Autoria própria (2023).

A figura 15A apresenta o recipiente com os fragmentos cobertos por resina (foi possível notar uma melhora da definição dos contornos e nos detalhes visualizados nas peças, uma vez



que a resina impôs um aspecto umedecido à superfície). A figura 15B apresenta a chapa finalizada e polida.

Figura 15: Recipiente com mosaico coberto por resina e peça pronta finalizada.



A) Recipiente com fragmentos em mosaico e resina; B) Chapa finalizada.

Fonte: A autoria própria (2023).

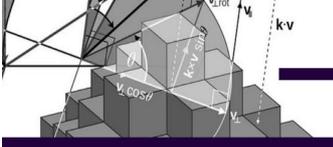
Ao realizar uma análise crítica comparada das duas modalidades de montagem do mosaico, foi possível verificar algumas vantagens e desvantagens relativas a:

- Funcionalidade e a praticidade.

Nesse quesito, a montagem dos mosaicos feita no modelo tradicional apresenta desvantagem em relação ao modelo proposto, pois no modelo proposto todas as peças ficam no campo visual do *designer*, enquanto no método tradicional os fragmentos que ficam no campo de visão são apenas os que estão sobre a pilha ou reservatório forçando o designer, caso haja necessidade de utilizar outra peça que não esteja no campo de visão, a movimentar grandes quantidades de material até encontrar uma possível peça a ser utilizada.

O método proposto é mais funcional que o tradicional, pois permite o controle do estoque e a organização espacial mais eficiente das peças no mosaico em função da disponibilidade visual das mesmas em ambiente virtual. Notadamente, as peças virtuais são representações fiéis das peças físicas e isso permite o trabalho com diversos tipos de materiais, tonalidades, estruturas e texturas desde que as superfícies estejam digitalizadas.

O método proposto permite o atendimento a demandas de possíveis clientes de acordo com as exigências de cada um, pois permite a simulação dos mosaicos sem que a chapa seja montada fisicamente, aumentando a probabilidade de satisfação sob demanda e permitindo uma



vasta gama de possibilidades de montagem à medida que o estoque de materiais diversos esteja disponível.

No modelo proposto uma peça a ser utilizada pode ser facilmente encontrada entre as demais sem necessidade de esforço físico, pois estarão disponíveis em um programa de computador podendo ser giradas ou mesmo completamente reorganizadas sem a necessidade de grandes esforços ou de mais de uma pessoa para realizar a tarefa (considerando que as peças físicas podem ser pesadas e ao mesmo tempo precisarem de manuseio delicado por serem pouco resistentes à impactos provocados por quedas, por exemplo).

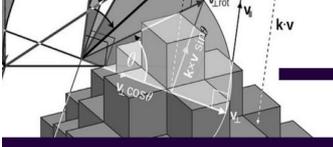
Em relação à praticidade é importante salientar que o método proposto apresenta uma desvantagem operacional, pois enquanto no método tradicional as peças já estão prontas para serem acomodadas quando chegam ao chão de fábrica, as peças a serem utilizadas para a produção das chapas no método proposto precisam antes passar pela digitalização e pelo recorte digital e isso pode elevar o tempo de produção. Entretanto, para saber realmente se o processo seria mais demorado ou não se faz necessário um teste de campo em escala real comparando o tempo gasto na montagem a partir dos dois métodos.

Outra desvantagem do método proposto é a necessidade de impressão de um mapa para guiar o processo de montagem, pois dadas as dimensões de uma chapa na indústria de rochas ornamentais, a impressão ficaria acima do tamanho A0 de papel. Talvez uma saída para essa desvantagem seja a instalação de um projetor multimídia projetando a imagem do mapa de contornos sobre a forma ou até mesmo a própria imagem do mosaico. Entretanto, essas são discussões para serem feitas em trabalhos futuros testando a tecnologia na escala real de produção.

No modelo proposto é possível, com um mesmo conjunto de peças, produzir mosaicos completamente diferentes e encaminhar opções para aprovação para que seja escolhido, por um cliente por exemplo, o mais agradável aos olhos ou o que atenda de forma mais efetiva seus interesses.

- Eficiência.

Nesse quesito, o processo de montagem proposto apresenta vantagem sobre o processo tradicional, pois permite a organização do estoque e a montagem mais ajustada dos fragmentos dentro do mosaico. A possibilidade de visualização da totalidade das peças no método proposto dinamiza o processo de escolha do fragmento pelo *designer* e faz com que a montagem seja mais eficiente, ou seja, que demore menos tempo para ser realizada.

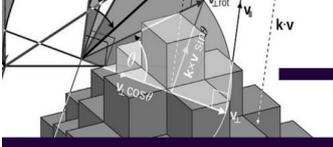


No método tradicional o *designer* precisa estar no chão de fábrica e ser a figura que monta o mosaico utilizando as peças ao alcance do seu campo visual. Já no método proposto, o *designer* não precisa necessariamente participar da produção da chapa física, pois um mapa com os contornos pode ser impresso e colocado abaixo da forma para ser utilizado como referência, garantindo que uma chapa idealizada para um eventual cliente, por exemplo, seja fielmente reproduzida a partir das peças disponíveis no estoque. Recorda-se aqui que o mosaico virtual do trabalho foi produzido por uma pessoa e a montagem do mosaico físico foi feita por outra, mostrando que a técnica é perfeitamente aplicável sem a necessidade da presença do *designer* na produção.

No método tradicional, qualquer erro ou necessidade de troca de peça (uma peça com cor inadequada ou danificada no mosaico, por exemplo) implica desmontar todo ou parte do mosaico produzido ou mover um número considerável de peças antes posicionadas ou buscar aleatoriamente na pilha uma peça que se encaixe para realizar o reparo. Tais problemas podem tornar o processo demorado e limitam as opções de padrões de mosaicos fornecidos pelos fabricantes, principalmente quando o encaixe final das peças não se dá por completo e restam poucas unidades de peças para colocação disponíveis no estoque.

Outra desvantagem imposta pelo método tradicional é a dificuldade aumentada na hora de montar mosaicos com cores ou mesmo fragmentos de materiais variados (ágatas e amonites, por exemplo). A falta de acesso visual à totalidade das peças em estoque limita a capacidade criativa do *designer* que terá à sua disposição apenas algumas peças em seu campo de visão. A limitação relacionada à experiência de montar um mosaico com apenas um material pétreo se multiplica pelo número de materiais a serem utilizados, ou seja, quanto mais materiais diferentes maior será a limitação na escolha dos fragmentos dentro do campo de visão. Esse fator recebe influências relativas, inclusive, ao espaço utilizado no setor de produção (espalhar todos os fragmentos no setor de produção para que os possam ser visualizados é impraticável, pois tomaria um espaço considerável, dado o número elevado de fragmentos necessários à produção de uma chapa).

No método proposto a substituição de uma peça pode ser feita a qualquer tempo e com muita facilidade mesmo durante a produção da chapa, pois é possível atualizar o mapa com base nas peças já posicionadas e nas peças ainda disponíveis em estoque.



- Controle do processo.

No processo tradicional o controle das etapas de produção fica nas mãos do(s) *designer*(s) durante todo o tempo e desse(s) profissional(is) depende a produtividade da empresa. Isso representa uma desvantagem já que a montagem do mosaico a partir do método proposto permite que outros profissionais montem os mosaicos a partir dos mapas necessitando, apenas, de um controle rigoroso do estoque para que isso ocorra.

O método proposto tem potencial para permitir a previsão de gastos com resina e com material para montagem dos mosaicos uma vez que existe a possibilidade de calcular com base nos mapas gerados os volumes dos interstícios (locais a serem preenchidos por resina) e o número médio de peças necessárias para composição de uma chapa em função da área média dos fragmentos utilizados na produção. A partir das informações passíveis de utilização no método proposto é, portanto, possível fazer previsões para aquisição de fragmentos para montagem dos mosaicos com base no controle de estoque de peças e na demanda por chapas. No método tradicional, se faz necessária a montagem de uma chapa física pelo *designer* para que seja, a partir das informações obtidas com a chapa montada, possível realizar tais cálculos e estimativas. Neste sentido, trabalhos futuros podem ser desenvolvidos para criar ferramentas de controle com base nos mapas de contornos.

- Resultado final obtido (o mosaico).

Com a aplicação das ferramentas no trabalho foi possível produzir um mosaico virtual de amazonita em escala 1:1. A partir do mapa de contornos gerado foi possível produzir, com elevado nível de fidelidade, um mosaico físico (Figura 16).

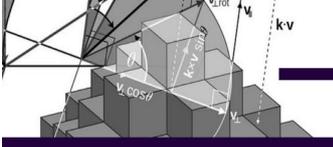
Figura 16: Recipiente com mosaico coberto por resina e peça pronta finalizada.



A) Placa finalizada polida;

B) Chapa finalizada com retroiluminação.

Fonte: Autoria própria (2023).



benefícios significativos para a indústria de rochas ornamentais, melhorando a gestão da produção, reduzindo o desperdício de materiais e aumentando a eficiência.

Em suma, o método apresentado neste trabalho representa uma abordagem dinâmica do processo de produção de chapas em mosaico para o setor de rochas ornamentais, mostrando grande potencial para implementação em escala industrial.

REFERÊNCIAS

ANTOLINI DO BRASIL. **PRECIOUSTONE** Natural elegance. 2023 Disponível em: <https://www.antolinidobrasil.com.br/collection.php?collectionId=7>. Acessado em: Mai. 2023.

BELLO, A. C. D. *et al.* Avaliação da utilização de agregado miúdo reciclado de ágata a partir da análise de seu potencial reativo pelo ensaio de reação álcali-agregado (RAA)l. In: **CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA**. 2013. Passo Fundo. Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. Passo Fundo: UPF. Disponível em: http://cricte.upf.br/papers/paper_167.pdf. Acessado em: Mai. 2023.

BOLONINI, T. M. *et al.* Quantificação mineralógica modal macroscópica, em rochas ornamentais submetidas à coloração seletiva por ataque químico, através da classificação supervisionada de imagens. In: **SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE IX**, João Pessoa, 2016. Anais. João Pessoa: CETEM, 2016. p. 165-174. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/antigo/images/congressos/2016/STRO403.pdf>. Acessado em: Mai. 2023.

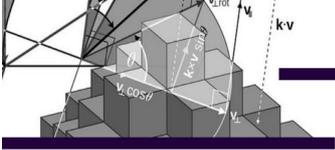
CAMPELLO, M. S. **Técnicas de processamento digital de imagens com aplicação no setor das rochas ornamentais**. Tese Doutorado (Departamento de Geologia). Belo Horizonte. 2006.

LIMA, P. A. **Aspectos da produção de chapas de rochas ornamentais com fragmentos de quartzo hialino e o potencial para desenvolvimento de cor a partir da irradiação conjugada ao tratamento térmico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gemologia) – Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2018.

MUCCI, A. **A arte do mosaico: compêndio histórico-técnico da arte musiva**. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1962.

OLIVEIRA, W. G. **Rochas Ornamentais: A Aplicação e Boas Práticas de Especificação na Arquitetura**, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade América. Cachoeiro de Itapemirim. 2021.

PAZETO, A. A. **Caracterização experimental de soluções de reforço para placas de rochas ornamentais**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017. Acessado em: Abr. 2023.



PEREIRA, A. M. *et al.* **Resinas aplicadas ao beneficiamento de rochas ornamentais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2020. *Tecnologia Ambiental*, 112. p. 51 Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2371>. Acessado em: Jun. 2023.

SILVEIRA, F. L.; BISOGNIN, E. L. Resgate histórico-cultural das origens do mosaico: sua aplicação ao design. **Disciplinarum Scientia | Artes, Letras e Comunicação**, v. 6, n. 1, p. 15-28, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumALC/article/view/682>. Acessado em: Mai. 2023.

WIKIMEDIA. Commons. **Mosaics**. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page. Acessado em: Jun. 2023.

ZAMPIROLI, L. **Mosaico com resíduos de rochas ornamentais como possibilidade de desenvolvimento regional**. CETEM/MCTI, 2007.

ZAMPIROLI, L. Mosaico com resíduos de rochas ornamentais como possibilidade de desenvolvimento regional. IN: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**, 3, 2007, Natal. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 341-353.