

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

**PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE
CORTE DE MÁRMORES E GRANITOS EM MARMORARIAS
DE RIO VERDE/GO.**

LUCAS SOUZA SANTOS

Rio Verde, GO

2020.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA CIVIL**

**PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORTE DE
MÁRMORES E GRANITOS EM MARMORARIAS DE RIO VERDE/GO.**

LUCAS SOUZA SANTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Mateus Souza Santos

Rio Verde - GO
Janeiro, 2020.

S237p Santos, Lucas Souza
Processo produtivo e geração de resíduos de corte de mármores e granitos em marmorarias de Rio Verde/GO / Lucas Souza Santos; orientador Mateus Souza Santos. -- Rio Verde, 2020.
65 p.

Monografia (em Engenharia Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Retalho residual de marmoraria (RRM). 2. Corte. 3. Beneficiamento. 4. Rochas ornamentais. 5. Percentual residuário. I. Santos, Mateus Souza, orient. II. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: LUCAS SOUZA SANTOS
 Matrícula: 2016102200840423
 Título do Trabalho: PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORTE DE MÁRMORES E GRANITOS EM MARMORARIAS DE RIO VERDE/GO.
Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 11/02/2020
 O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
 O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 11/02/2020
 Local Data

Lucas Souza Santos
 Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais


Ciente e de acordo:

Matheus Souza Santos
 Assinatura do(a) orientador(a)

LUCAS SOUZA SANTOS

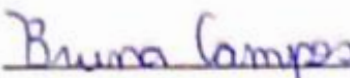
PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORTE DE MÁRMORES E GRANITOS EM MARMORARIAS DE RIO VERDE/GO.

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 30 de janeiro de 2020 pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



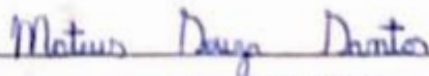
Prof(a). Bruna Vilela Buiatte Silva

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde



Prof(a). Ma. Bruna Oliveira Campos

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.



Prof. Mateus Souza Santos

Orientador

Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

Rio Verde, GO

Janeiro, 2020.

DEDICATÓRIA

Este trabalho foi dedicado, em especial, aos meus pais Maria Ivone e Eurípedes e a minha vó paterna Nilda, que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos e me apoiaram durante todo o curso. Amo vocês!

RESUMO

SANTOS, Lucas Souza. **Processo produtivo e geração de resíduos de corte de mármore e granitos em marmorarias de Rio Verde/GO**. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde. Rio Verde, GO, 2020, 65p.

O consumo de matérias primas de origem mineral, como as rochas britadas e as rochas ornamentais, vem crescendo exponencialmente nas últimas décadas. No Brasil, esses produtos geram toneladas de resíduos a cada ano, os quais muitas vezes são descartados em aterros sanitários e lixões. Na construção civil, as rochas ornamentais representam um papel importante para revestimentos de pisos, paredes e na instalação das bancadas de pias, lavatórios e balcões que trazem como vantagem a sua fabricação nas medidas do projeto. O beneficiamento das rochas ornamentais é realizado nas marmorarias e granitárias, onde são fabricadas de simples peças retangulares, como soleiras, até peças complexas e de difícil montagem, como lavatórios, balcões e outros. Este trabalho analisou as origens dos resíduos de corte de mármore e granitos (RCMG), estudando-se todo o processo produtivo das peças dimensionadas em marmorarias de Rio Verde. Também executada uma pesquisa de campo que caracterizou a composição do RCMG e determinou o percentual residual da geração da parte grosseira do RCMG definindo-a como os retalhos residuais de marmoraria (RRM). Nos resultados foram apresentadas detalhadamente as fases da produção das peças mais comercializadas na qual foi constatado que quanto mais detalhada é a peça, maior será sua geração de resíduos e que no balcão arredondado obteve-se a maior geração residual, passando dos 30%. Na geração de resíduos obteve-se um percentual residual de aproximadamente 10% para a composição dos RRM do RCMG. Os dados quantitativos de resíduos gerados em Rio Verde foram apresentados em forma de tabelas e figuras anexados neste trabalho.

Palavras-chave: Retalho residual de marmoraria (RRM), corte, beneficiamento, rochas ornamentais, percentual residual.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da variável estatística Z.....	30
Tabela 2 - Valores adotados para cálculo da amostra.	31
Tabela 3 – Enumeração das unidades para sorteio	32
Tabela 4 - Valores da M_{BTR} pesada em cada marmoraria.	58
Tabela 5 - Valores obtidos das M_{LTR}	58
Tabela 6 – Média da metragem da produção em m^2 dos 5 dias corridos.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de lavra por fio diamantado.....	16
Figura 2 - Aproveitamento dos rejeitos de lavras em Goiás.....	17
Figura 3 – Chapa de granito Verde Ubatuba.....	17
Figura 4 - Granito Branco Dallas em janela.....	18
Figura 5 – Mármore Bege Bahia.....	19
Figura 6 - Superfície polida da Ardósia.....	20
Figura 7 - Revestimento de parede com quartzitos.....	20
Figura 8 - Quantidade de marmorarias nos principais municípios de Goiás e DF.....	21
Figura 9 - Consumo de placas polidas.....	22
Figura 10 - Corte da chapa de granito em serra-mármore.....	23
Figura 11 - Peça da extremidade da chapa.....	23
Figura 12 - Percentual de percas nas marmorarias do Estado de Goiás.....	24
Figura 13 - Retalhos e cacos do RCMG próximos a serra.....	25
Figura 14 - Resíduos de marmoraria no pátio da empresa.....	25
Figura 15 - Resíduos de Corte de Mármore e Granitos descartados em caçamba no pátio....	26
Figura 16 - Distribuição das unidades de marmorarias em Rio Verde/GO.....	28
Figura 17 – Tabela de dígitos aleatórios – Parte 1.....	33
Figura 18 – Tabela de dígitos aleatórios – Parte 2.....	34
Figura 19 - Modelo do tambor metálico de 200 L.....	35
Figura 20 - Ordens de serviço na prancheta.....	35
Figura 21 - Balança industrial carregada com RCMG.....	36
Figura 22 - Desenho de soleira no papel.....	38
Figura 23 - Desenho de soleira com acabamento no papel.....	39
Figura 24 - Corte bruto de uma soleira.....	39
Figura 25 - Resíduos gerados no corte da soleira.....	40
Figura 26 - Tipos de acabamento das soleiras.....	40
Figura 27 - Soleira acabada e com lustre.....	41
Figura 28 - Desenho de peitoril no papel.....	42
Figura 29 - Seção de um peitoril.....	43
Figura 30 - Peças cortadas para montagem de peitoril.....	43
Figura 31 - Colagem realizada em peitoril.....	44
Figura 32 - Peitoril acabado.....	45

Figura 33 - Tipos de acabamentos típicos em bancadas, lavatórios e balcões.....	45
Figura 34 - Desenho de uma bancada no papel.....	46
Figura 35 - Projeção das peças de uma bancada no corte líquido.....	46
Figura 36 - Processo de colagem de uma bancada.....	47
Figura 37 - Bancada pronta para comercialização.....	48
Figura 38- Cuba de inox para pias à esquerda e de louça para os lavatórios à direita.....	48
Figura 39 - Desenho de uma pia no papel.....	49
Figura 40 - Desenho de um lavatório retangular no papel.....	49
Figura 41 - Desenho de um lavatório com quebra-de-canto no papel.....	50
Figura 42 - Representação do corte de um lavatório com quebra-de-canto.....	51
Figura 43 - Bancada de pia com colagem da régua.....	51
Figura 44 - Tipos de colagem de saia para bancadas.....	52
Figura 45 - Tipos de acabamentos e colagens para bordas de rochas ornamentais.....	52
Figura 46 - Pia finalizada.....	53
Figura 47 - Lavatório simples finalizado.....	53
Figura 48 - Lavatório com quebra-de-canto finalizado.....	54
Figura 49 - Desenho de um balcão em L no papel.....	55
Figura 50 - Desenho de um balcão com curva arredondada no papel.....	55
Figura 51 - Representação do corte do balcão com curva arredondada.....	56
Figura 52 - Resíduos gerados no corte de um balcão com curva arredondada.....	57
Figura 53 - Balcão arredondado pronto para comercialização.....	57
Figura 54 – Organograma das classes de resíduos conforme as etapas produtivas.....	61

LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS OU SIMBOLOS

%	Por cento
%Res	Percentual Residuário
ABIROCHAS	Associao Brasileira da Indústria das Rochas Ornamentais
ASTM	American Society for Testing and Materials
cm	Centímetro
DIMPE	Distrito Industrial de Microempresas e Empresas de Pequeno Porte
Kg	Quilograma
L	Litro
LBRO	Lama de Beneficiamento de Rochas Ornamentais
LRM	Lama Residual de Marmoraria
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
M _{BTR}	Massa Bruta Total Residuária
min	Minuto
M _{LTP}	Massa Líquida Total Produzida
M _{LTR}	Massa Líquida Total Residuária
mm	Milímetros
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PRM	Pão Residual de Marmoraria
RBMG	Resíduos de Beneficiamento de Mármore e Granito
RCMG	Resíduos de Corte de Mármore e Granito
RLRO	Resíduos de Lavra de Rochas Ornamentais
RMG	Resíduos de Mármore e Granito
RPRO	Resíduos de Pedreira de Rochas Ornamentais
RRM	Retalho Residual de Marmoraria
RSRO	Resíduos de Serragem de Rochas Ornamentais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	A Indústria de Rochas Ornamentais	14
2.2	Processo de extração de rochas ornamentais	15
2.3	Rochas Ornamentais na Construção Civil	17
2.3.1	Granitos	18
2.3.2	Mármore	19
2.3.3	Ardósia	19
2.3.4	Outras rochas ornamentais	20
2.4	Marmorarias no Estado de Goiás	21
2.4.1	A Produção nas Marmoraria	22
2.5	Impactos Ambientais na Geração de RCMG	25
2.5.1	Reaproveitamento do RCMG	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	Abordagem da Pesquisa	28
3.2	Campo de pesquisa	28
3.3	Processo Produtivo das Marmorarias	29
3.4	Determinação do Percentual Residuário de RCMG	30
3.4.1	Amostragem experimental	30
3.4.2	Procedimento experimental	31
3.4.3	Cálculo da porcentagem real	36
3.5	Análise dos dados	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Resultados do estudo do processo produtivo	38
4.1.1	Soleira	38
4.1.2	Peitoril	41
4.1.3	Bancada	45
4.1.4	Pias e lavatórios	48
4.1.5	Balcão	54
4.2	Determinação do percentual residuário	58
5	CONCLUSÃO	62
6	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das principais fontes de economia no mercado mundial. No Brasil, apesar da oscilação econômica na última década, as obras e edificações estão crescendo e com isso o consumo das matérias-primas de origem mineral, como as rochas britadas e ornamentais. Esses minerais, por terem um alto consumo, acabam gerando toneladas de resíduos. As indústrias de rochas ornamentais, marmorarias e granitárias, são importantes para a construção civil, produzindo diversos produtos necessários em uma obra. A vantagem da utilização das rochas ornamentais é a flexibilidade de adaptação ao projeto, pois são fabricadas conforme as dimensões solicitadas. Entretanto no beneficiamento dessas rochas ornamentais são geradas toneladas de resíduos, constituídos por peças que quebram ou sobram durante o corte. Esses resíduos podem se caracterizar de diversas formas sendo em pó, lama, cacos, filetes ou retalhos. No entanto, pouco se sabe sobre como, quando e qual a quantidade gerada de cada um desses resíduos durante a produção dos produtos de marmoraria. É importante entender as origens desses resíduos, tanto quanto suas características para que se estabeleça formas de redução e utilização destes.

As marmorarias são as principais indústrias de modelagem e acabamento de rochas ornamentais como mármore, granitos, ardósias, peças de rochas sintéticas como *silestone*, entre outras. Os produtos oriundos do beneficiamento dessas rochas são desde soleiras, peitoris, assentamento das pias, bancadas, balcões, boxes até lavatórios e outras peças de utilização. Algumas peças são de fácil acabamento e modelagem, outras já necessitam de formas geométricas variadas e complexas, dificultando o serviço e gerando maiores perdas de materiais nos recortes. É imprescindível aferir as medidas *in loco*, evitando erros e obtendo-se precisão nas medidas do projeto.

De forma geral, o serviço da marmoraria compõe-se do corte, beneficiamento secundário, montagem e acabamento final. A produção dos produtos de marmoraria exige precisão e atenção para a execução dos serviços e, principalmente, um sistema produtivo amplamente tecnológico, que venha a reduzir ao máximo os erros manuais e perdas excessivas de material. Este trabalho tem por objetivo analisar e estudar o processo produtivo de uma marmoraria e a geração de resíduos de corte de mármore e granitos em marmorarias de Rio Verde/GO, buscando:

- Especificar os processos de corte e beneficiamento das peças mais comercializadas nas marmorarias.
- Determinar as origens do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG), tal como a sua composição visual para as peças mais comercializadas nas marmorarias.
- Determinar o percentual residuário da geração do RCMG no município de Rio Verde/GO.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os processos e etapas que antecedem os serviços da indústria de marmoraria são os de extração, onde são retirados os blocos das jazidas e os de desdobramento que é realizado nas serrarias. Neste tópico será mostrado um pouco sobre a indústria de rochas ornamentais e todos os processos realizados até que chegue na marmoraria, tal como o cenário atual destas indústrias no Brasil e no Estado de Goiás.

2.1 A Indústria de Rochas Ornamentais

O setor da indústria de rochas ornamentais no Brasil é um dos mais importantes na construção civil. Com uma produção bem diversificada, são produzidos materiais como granitos, mármore, ardósias, basaltos e muitos outros, bastante utilizados no mercado brasileiro. Segundo a ABIROCHAS (CHIODI FILHO, 2018), o Brasil está entre os grandes produtores de rochas ornamentais no mundo, ocupando a quarta posição em 2016, correspondendo a quase 6% do mercado mundial.

No comércio brasileiro de rochas ornamentais, o estado do Espírito Santo concentra cerca de 1.300 estabelecimentos de beneficiamento de rochas ornamentais, empregando mais de 17.751 trabalhadores formais no ano de 2017 (MOZER; MACHADO, 2018). Essa região é responsável pela produção de cerca de 37% dos granitos e mármore produzidos e exportados do Brasil, movimentando mais de 904 milhões de dólares só no ano de 2017. O estado de Goiás ocupa a 6ª posição na produção de rochas ornamentais do Brasil junto aos estados de Rio de Janeiro e Paraná (MONTANI, 2017).

No ano de 2017, a produção goiana de rochas ornamentais chegou a 200 mil toneladas por ano, dando-se uma representatividade significativa (0,14%) no cenário mundial que, em 2016, foi de 145 milhões de toneladas (CHIODI FILHO, 2018). Com relação à quantidade de indústrias de extração e produção de rochas ornamentais, a última pesquisa realizada no estado foi no ano de 2007, onde foram registradas 21 empresas mineradoras de rochas ornamentais e de revestimento em atividade no estado de Goiás, produzindo principalmente granito nos tons de cores vermelhos (GOIÁS, 2007).

2.2 Processo de extração de rochas ornamentais

No processo de extração das rochas ornamentais são utilizados vários métodos de lavra das rochas que podem variar de acordo com o tipo de rocha a ser explorada, a forma com que ela se dispõe e também suas características geológicas. De acordo com Vidal *et al.* (2013), “a lavra das rochas ornamentais consiste em uma atividade cujo objetivo é a remoção de material útil ou economicamente aproveitável dos maciços rochosos ou dos matacões”. De acordo com Regadas (2006), os principais métodos de extração de rochas ornamentais utilizados no Brasil são: furos de minas, fio diamantado ou helicoidal, jato hidráulico e corte por chama, podendo alguns serem utilizados tanto na extração do mármore como do granito.

A atividade de extração de blocos de rochas ornamentais no estado de Goiás é bastante diversificada quanto à tecnologia utilizada, compreendendo desde lavras mecanizadas em grandes empresas a outros métodos rudimentares de extração em empresas de pequeno porte. Os principais métodos utilizados na extração dos matacões são por fio diamantado e agulhamento (GOIÁS, 2007). O processo de extração por meio do fio diamantado é o mais utilizado, e surgiu na década de 1970 com a necessidade de superar as inconveniências técnicas típicas das tecnologias anteriormente utilizadas.

O corte dos matacões por fio diamantado consiste na realização de dois furos horizontais e um vertical, os quais são interligados entre si na parte mais alta do maciço rochoso. Um fio composto por pequenas pérolas diamantadas enfiadas num cabo de aço transpassa os furos e é ligado também por separadores e posicionadores metálicos. O fio é tracionado por uma central hidráulica e motor, cortando a rocha até que ela se separe inteiramente do maciço rochoso. Assim que essa pequena parte do montante de rocha é separada, ela cai sobre um material que amortece a queda – geralmente usa-se a areia. Logo, separa-se essa parte rochosa em pequenos blocos comerciais (VIDAL *et al.*, 2013).

As dimensões dos blocos podem chegar a até 3,0 x 1,5 x 2,0 [m], ou 9 m³, e a forma como ele se apresenta é um fator muito importante, pois se apresentar muito irregular pode ser menos aceito pelo comprador por ter maior chance de haver perda de material durante o seu beneficiamento. Segundo Vidal *et al.* (2013), nas pedreiras de maciço rochoso, a massa expansiva tem sido utilizada com frequência em junção da tecnologia do fio diamantado, onde ele é útil nos cortes de isolamento de volumes primários de rocha e o agente expansivo que é utilizado tem por função o desdobramento de filões e painéis, dando uma viabilidade técnica melhor para esta utilização e se tornando uma tecnologia mais limpa. Os procedimentos deste método são mostrados na Figura 1.

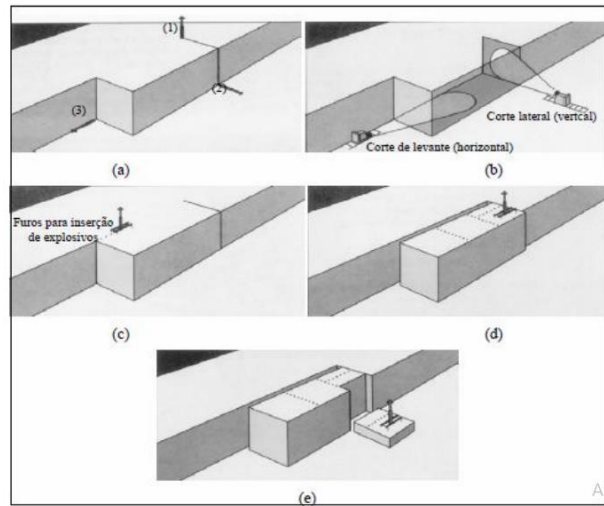


Figura 1 - Processo de lavra por fio diamantado.
Fonte: Coelho & Vidal. (2003) [adaptado].

Esses blocos, já estando no tamanho e forma padrões, passam por um processo inicial de beneficiamento que é o fatiamento desses blocos em chapas comerciais. A espessura padrão das chapas é de 2 cm. Este processo é realizado nas unidades de beneficiamento das serrarias. Logo em seguida, é feito o polimento que é o processo final para a demanda do consumidor. Para o acabamento final é feito ainda a resinagem que é a aplicação de uma resina com catalisador na superfície da chapa após o polimento, selando e dando brilho a essa superfície (COSTA FILHO, 2016).

No processo de extração das rochas já são geradas toneladas de resíduos que embora fiquem em seus locais de origem, apresentam dificuldades de reaproveitamento por não obterem dimensões mínimas para a formação de um bloco. Segundo pesquisas realizadas pela Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, é comum o aproveitamento dos resíduos gerados pela lavra das pedreiras do Estado para a confecção de paralelepípedos e meios-fios. Na Figura 2 é possível ver o aproveitamento dos rejeitos na indústria goiana de lavra sendo feito para a confecção destes blocos (GOIÁS, 2007).



Figura 2 - Aproveitamento dos rejeitos de lavras em Goiás.
Fonte: Goiás (2007).

Depois de passado na serraria, as chapas são comercializadas para as marmorarias e granitárias com dimensões que giram em torno de 2 x 3 metros para altura e comprimento, respectivamente. Na Figura 3 é mostrado uma chapa de granito do tipo Verde Ubatuba. Nas marmorarias estas chapas são cortadas e moldadas para fabricação de produtos conforme a solicitação do consumidor final.



Figura 3 – Chapa de granito Verde Ubatuba.
Fonte: Autor (2019).

2.3 Rochas Ornamentais na Construção Civil

São diversos tipos de rochas que se utilizam na construção civil. Segundo Chiodi Filho e Chiodi (2014), a produção brasileira de rochas ornamentais abrange cerca de 1.200 variedades que são comercializadas para a construção civil. As rochas podem diferenciar-se de acordo com o tipo, cor e propriedades mecânicas. É importante saber que a nomenclatura

das pedras comerciais varia de acordo com o estado ou região em que foram produzidas. De forma geral as rochas comercializadas, na construção civil, classificam-se em: granitos, mármore, ardósias e outros.

2.3.1 Granitos

Segundo Llope (W. J., 2011), o granito é uma rocha ígnea e compõe-se de vários minerais dos quais a sílica e a alumina se encontram em maior porcentagem. Os granitos compõem grande parte dos produtos comercializados na construção civil, apresentando uma granulação bem variada. Podem ser de diversos tons de cores, onde são nomeados de acordo com a cor característica. De acordo com Costa *et al.* (2002), este tipo de rocha nomeia-se de acordo com os destaques nos tons de:

- Amarelo: Como o Granito Amarelo Fiorito, Granito Amarelo Ornamental, Granito Amarelo Santa Cecília, Granito Juparaná, etc.
- Branco: Como o Granito Nepal, Granito Branco Dallas e Granito Branco Itaúnas.
- Cinza: Como o Granito Cinza Corumbá, Granito Cinza Andorinha, Granito Cinsa Castello, Granito Cinza Pirá, Granito Cinza Mauá, etc.
- Vermelho ou rosa: Como o Granito Coral Pernambuco, Granito Rosa Raissa, Granito Vermelho Amazon, etc.
- Marrom: Como o Granito Café Imperial, Granito Marrom Caldas, Granito Marrom Absoluto, etc.
- Verde: Como o Granito Verde Lavras, Granito Verde Ubatuba, Granito Verde Van Gogh, Granito Verde Pavão, etc.



Figura 4 - Granito Branco Dallas em janela.

Fonte: Autor (2019).

2.3.2 Mármore

O mármore é um tipo de mineral composto essencialmente por transformações metamórficas e podem apresentar granulações que vão de fina até média. Costa *et al.* (2002) afirma que as rochas de mármore têm função ornamental e de revestimento, e possuem cores menos variadas, onde destacam-se os mármore: Bianco Carrara Venato, Bianco Statuario Venatino, Bianco Statuario, etc. No mercado da construção civil os mármore disponíveis são Bege Bahia (Figura 5) e o Crema Marfil.



Figura 5 – Mármore Bege Bahia.
Fonte: Autor (2019).

2.3.3 Ardósia

Segundo Costa *et al.* (2002), as ardósias são rochas metamórficas e com granulação fina, constituídas essencialmente por minerais filossilicatos, que resultam de transformações metamórficas de um grau muito baixo. Grande parte da produção das ardósias se dá na região de Minas Gerais. Elas possuem uma superfície com muita irregularidade e com falhas na espessura de seus níveis. Na construção civil é utilizada como peças de rufos, suportes, tampas (quando não polida), bancadas comerciais e peças industriais, pelo baixo custo e resistência à dureza.



Figura 6 - Superfície polida da Ardósia.
Fonte: Autor (2019).

2.3.4 Outras rochas ornamentais

Existem outros tipos de materiais que possuem grande utilização na construção civil originado pela produção de rochas ornamentais nas pedreiras, dentre os que se destacam, pelo uso mais comum, os quartzitos que são constituídos essencialmente por quartzo e apresenta textura granoblástica e propriedades típicas dos granitos comerciais. Os quartzos mais comuns no meio comercial são os azuis, como o quartzito azul imperial, os cinzas azulados e os rosas, como o quartzito cinza-azul e quartzito rosinha do serro, respectivamente. Na construção civil, usa-se comumente os quartzitos conhecidos como Pedra São Tomé para revestimentos de parede, dando-se uma textura variada em forma de mosaico (COSTA *et al.*, 2002).



Figura 7 - Revestimento de parede com quartzitos.
Fonte: Autor (2019).

2.4 Marmorarias no Estado de Goiás

Segundo pesquisas realizadas no estado de Goiás, até o ano de 2007 já havia 152 marmorarias e empresas de beneficiamento de rochas ornamentais e de revestimento distribuídas em seu território, na maioria das cidades de médio porte do estado, formando um arranjo de pequenos empreendimentos gerenciados pelas famílias. A maior aglomeração desses estabelecimentos está localizada entre as cidades de Goiânia, Anápolis e Brasília, trabalhando-se principalmente com as rochas ornamentais provenientes dos outros estados. A Figura 7 mostra um gráfico de distribuição das 152 marmorarias no estado de Goiás, englobando também as 26 marmorarias presentes no Distrito Federal, totalizando 178 empresas de beneficiamento de chapas ornamentais. (GOIÁS, 2007).

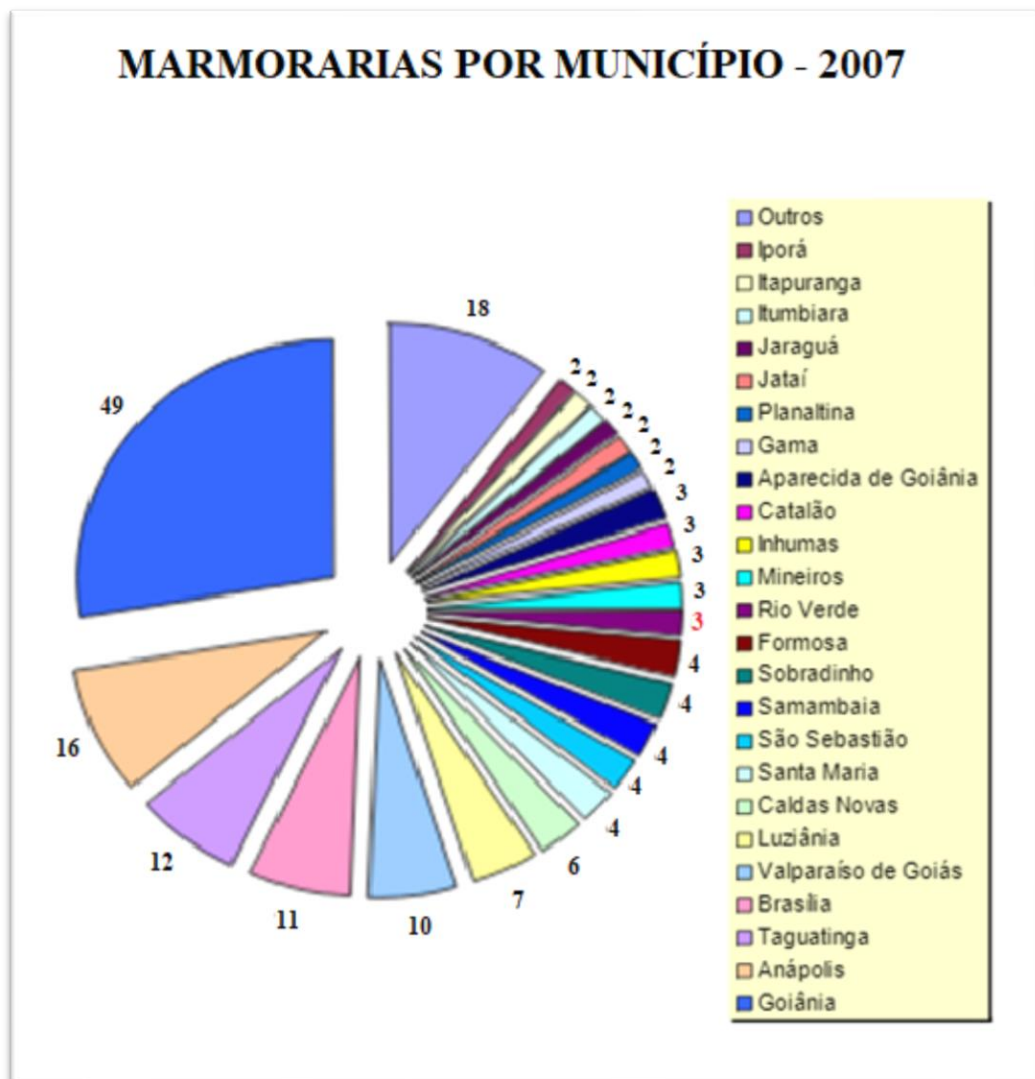


Figura 8 - Quantidade de marmorarias nos principais municípios de Goiás e DF.

Fonte: Adaptado de GOIÁS (2007).

Como observa-se na Figura 8, em Rio Verde, até o ano de 2007, foram registradas apenas 3 marmorarias, sendo uma baixa representatividade se comparada ao total do estado. Nas pesquisas realizadas nas marmorarias do Estado de Goiás, também foi constatado que o consumo das placas polidas nas marmorarias é, em sua grande maioria, de granitos, seguido pelo consumo dos mármore e, por fim, das ardósias. A Figura 9 mostra um gráfico do percentual de consumo das chapas nas marmorarias do Estado de Goiás.

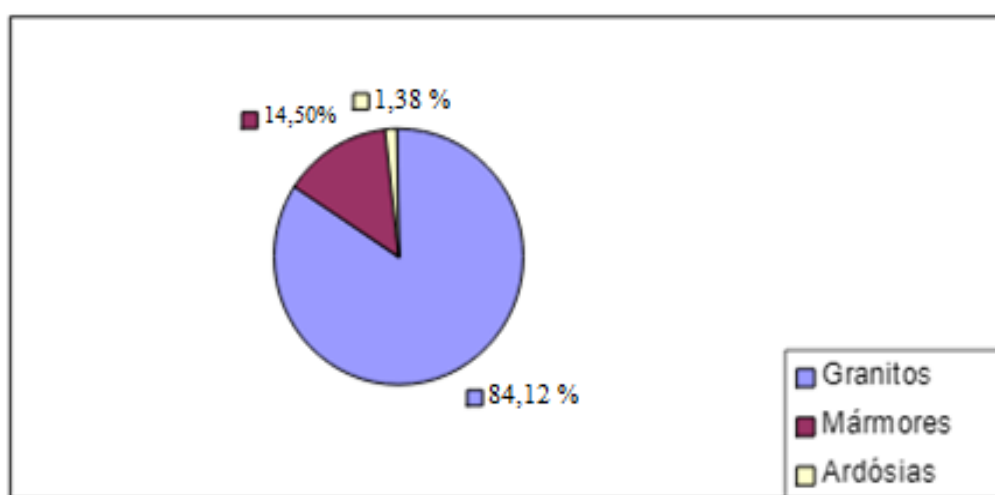


Figura 9 - Consumo de placas polidas.
Fonte: Adaptado de GOIÁS (2007).

2.4.1 A Produção nas Marmoraria

Como visto no item 2.2, as rochas ornamentais chegam às marmorarias no seu formato comercial, ou seja, uma chapa com cerca de 3 m de comprimento, 2 m de altura e espessura de 2 cm. Nas marmorarias essas chapas são dispostas segundo o tipo e a cor, necessitando ficar em locais cobertos e que não tenham contato direto com a luz solar. As peças mais produzidas nas marmorarias para a construção civil são: pias, bancadas, lavatórios, peitoris, soleiras, balcões, mesas, bancos, nichos, suportes, rufos e outras peças dos mais variados tipos.

O beneficiamento das rochas ornamentais abrange muitos tipos de produtos, pois tem por vantagem não só a boa aparência, mas também a fácil modelagem a ajustes para o que for necessário. A ASTM (2001) propõe uma definição de rochas para revestimento, ou *dimension stone*, como sendo uma pedra natural que é selecionada, regularizada e posteriormente cortada em tamanhos e formas que são especificados conforme a solicitação, sendo que ela poderá ter uma ou mais de suas superfícies mecanicamente polidas.

Para a produção de uma peça de rocha ornamental, antes de se fazer o beneficiamento é realizado o corte na chapa. Depois a peça é levada para a serra-mármore, onde ela é cortada até que apresente as dimensões solicitadas (BORBA *et al.*, 2013). A Figura 10 mostra o corte da chapa bruta sendo realizado numa serra-mármore.



Figura 10 - Corte da chapa de granito em serra-mármore.

Fonte: Mauro (2011).

Neste processo de beneficiamento do mármore ou granito ocorrem percas, que na maioria das vezes são excessivas. São diversos filetes que sobram ou placas de rochas ornamentais que se quebram no momento do corte ou do transporte, e até mesmo pedaços menores que ao final do corte da chapa sobram e não são utilizadas ou reaproveitadas, ocupando o espaço do pátio das marmorarias. Conforme Santana e Souza (2013), no processo de corte, acontece também que a área restante próxima ao final da chapa (Figura 11) não dá tamanho para cortar outro ladrilho para produção de uma peça, gerando sobra de material.



Figura 11 - Peça da extremidade da chapa.

Fonte: Autor (2019).

As empresas de beneficiamento de rochas ornamentais se caracterizam por utilizar-se de sistemas produtivos manuais ou mecanizados parcialmente, apresentando níveis baixíssimos de tecnologias. Das marmorarias consultadas em pesquisas, a maior parte delas não apresentam planos de treinamento para melhorias da mão de obra indicando, conseqüentemente, um significativo índice de perdas no processo de beneficiamento das rochas (GOIÁS, 2007). A Figura 12 mostra um gráfico da distribuição do percentual de percas nas marmorarias do estado de Goiás, que em sua maioria (mais de 60% das industrias), é de 10 a 20% do total produzido.

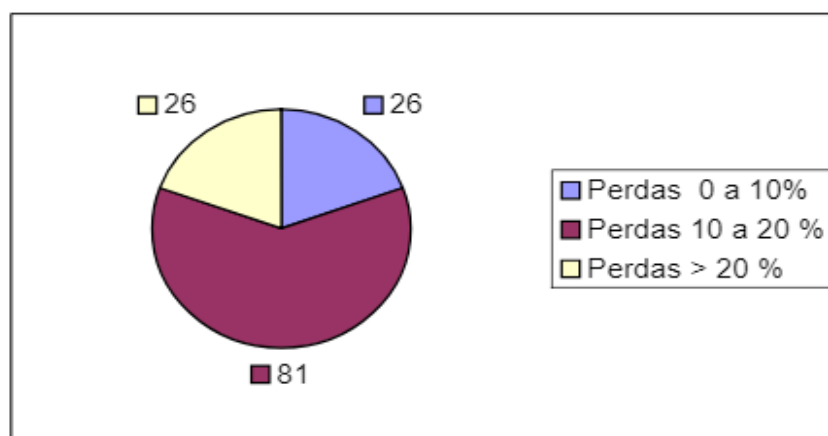


Figura 12 - Percentual de percas nas marmorarias do Estado de Goiás.

Fonte: GOIÁS (2007).

Esses restos de corte e beneficiamento originam os resíduos de marmoraria, os quais contém várias nomenclaturas, conforme diferentes autores:

- Resíduos de mármore e granitos (RMG), conforme Moura e Leite (2011);
- Resíduos de beneficiamento de mármore e granitos (RBMG), conforme Lopes (2006);
- Resíduos de corte de mármore e granitos (RCMG), conforme Souza e Branco (2017) e outros autores.

Nas marmorarias são gerados dois tipos de resíduos, o RCMG e o RBMG sendo que os dois compõem o RMG. Há ainda citações de outros tipos de resíduos como a lama residual de marmoraria por Oliveira (2015) como sendo o LRM, o RSRO como sendo os resíduos provindos da serragem das rochas nas serrarias conforme Lopes (2006), e também o dos estudos de Bastos *et al* (2013), que cita o LBRO como sendo a lama do beneficiamento de rochas ornamentais. Os resíduos que gerados nos processos de cortes compõem o RCMG, e

equivalem a uma grande parte das perdas nas marmorarias, sendo estes descartados em caçambas ou somente jogados próximas a serra cortadeira, como é mostrado na Figura 13.



Figura 13 - Retalhos e cacos do RCMG próximos a serra.
Fonte: Bernardi & Silva Filho (2017).

Quando o acúmulo chega a certa quantidade, este material é recolhido e descartado em aterros sanitários ou em muitos casos, em locais inapropriados. Segundo Santana e Souza (2013), o acúmulo desses resíduos no pátio pode ocasionar problemas com o “layout” da empresa e também com o meio ambiente.



Figura 14 - Resíduos de marmoraria no pátio da empresa.
Fonte: Autor (2019).

2.5 Impactos Ambientais na Geração de RCMG

O grande acúmulo de resíduos de marmoraria nos lixões, aterros e locais inapropriados tem sido assunto tratado por pesquisadores nas últimas décadas. Isso ocorre conseqüentemente pelo aumento que se teve no consumo dessas rochas ornamentais. Esses minerais, por terem um alto consumo - podendo chegar a até 20 toneladas por ano para cada

peessoa - acabam gerando toneladas de resíduos. A geração residuária das marmorarias tem uma média de 30% de cacos, retalhos e pó do volume produzido, conforme os estudos de Rosato (2013). Já segundo Moura, Gonçalves e Leite (2002), cerca de 20 a 30 % dos blocos são transformados em pó e depositados nos pátios das empresas e segundo Oliveira (2009), a quantidade de resíduos gerados nas marmorarias chega a 25% do total consumido. Esse percentual residuário depende diretamente da eficiência da mão de obra e da qualidade dos equipamentos utilizados na produção das indústrias. Ao considerar essa porcentagem de 25% nos dados da ABIROCHAS (2016), com um consumo de rochas ornamentais no Brasil de 9,24 milhões de toneladas, pode-se afirmar que foram produzidos conseqüentemente, cerca de 2,31 milhões de resíduos de marmorarias e serrarias neste mesmo ano.



Figura 15 - Resíduos de Corte de Mármore e Granitos descartados em caçamba no pátio.
Fonte: Autor (2019).

Segundo Aliabdo *et al.* (2014) os produtos de rochas ornamentais, apesar de apresentarem características positivas em sua empregabilidade na construção civil, acarretam uma preocupação ambiental decorrente dos resíduos gerados pela indústria de beneficiamento de mármore e granitos. No processo de corte, lixamento e beneficiamento dessas rochas, os resíduos são representados por cacos e pedaços em formas irregulares que são dispostos em aterros, independentemente do uso potencial destes, conforme afirma Almeida *et al.* (2007). Segundo Alyamaç e Tuğrul (2014), grande parte dos resíduos de mármore e granitos gerados nas marmorarias tem como destinação final o despejo no meio ambiente.

Segundo a Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Artigo 3º, Parágrafo XVI, os resíduos sólidos são todo:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede,

se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.” (BRASIL, 2010).

Nas últimas décadas, devido a grande preocupação com a preservação do meio ambiente, muitos autores vêm estudando formas de reutilizar esses resíduos dando uma destinação que viabilize e valorize a utilização destes.

2.5.1 Reaproveitamento do RCMG

Pode-se identificar vários autores que desenvolveram estudos relacionados ao reaproveitamento dos RCMG e outros resíduos de marmoraria. Embora esses resíduos sejam conhecidos por serem compostos de mármore e granitos, eles podem apresentar características diferentes devido sua utilização ou modificação nas marmorarias. Alguns estudos de utilização em materiais da construção civil que se pode citar são:

- Utilização do RCMG em concretos estruturais e argamassas (SOUZA; BRANCO, 2017);
- Utilização da lama do pó de granito para confecção de pisos intertravados (MOUSINHO *et al.*, 2018);
- Análise comparativa das características físicas do RCMG com a Granilha (SANTOS; NAHIME; SOARES, 2019);
- Reaproveitamento dos resíduos de marmoraria em compósitos cimentícios (OLIVEIRA, 2015) e;

Na grande maioria dos estudos realizados, verificou-se a utilização do RCMG como agregados graúdo e miúdo, sendo estes transformados por meio de operações manuais e/ou mecanizadas. Como exemplo, na análise realizada por Santos, Nahime e Soares (2019), o RCMG, foi passado por um triturador para a transformação em agregados miúdos e graúdos, onde foi constatada uma taxa de reaproveitamento dessa transformação de 68,2% para o agregado graúdo e 24,25% para o agregado miúdo, sendo os outros 7,55% de outras classes. Nesse estudo foi analisada as características físicas do RCMG como agregado, tal como a sua massa específica, que foi de 2540 kg/m³. Segundo os autores, o reaproveitamento do RCMG como agregado é eficiente para produção de agregados para concretos e argamassas.

3 METODOLOGIA

Para a realização dos procedimentos experimentais foi realizado uma pesquisa de campo no município de Rio Verde/GO, na qual foram coletados dados e acompanhados processos para obtenção dos resultados.

3.1 Abordagem da Pesquisa

Esta pesquisa possuiu abordagem quali-quantitativa, ou seja, foram avaliados dados qualitativos, assim como também quantitativos sobre a produção de peças ornamentais e a geração de RCMG nas marmorarias de Rio Verde/GO.

3.2 Campo de pesquisa

Em Rio Verde - GO há 25 unidades de marmorarias conforme afirma Santos, Nahime e Silva (2019). A distribuição das marmorarias no município se dá conforme mostrado na Figura 16.



Figura 16 - Distribuição das unidades de marmorarias em Rio Verde/GO.

Fonte: Autor (2019).

Conforme mostrado na Figura 16, 11 das unidades de marmoraria estão localizadas no setor industrial denominado DIMPE (Distrito Industrial de Microempresas e Empresas de Pequeno Porte) e 8 unidades situadas em outros setores industriais. As demais, localizam-se afastadas da cidade, próximo as rodovias que passam pelo município.

3.3 Processo Produtivo das Marmorarias

A fim de identificar as origens do RCMG, realizou-se um estudo do processo produtivo das principais peças de utilização comercializadas nas marmorarias do município. Dessa forma, inicialmente foi selecionada uma marmoraria para o acompanhamento das atividades do processo produtivo das peças mais solicitadas. A escolha de apenas uma marmoraria para o estudo se justifica pelo fato de que grande parte delas tem processos produtivos semelhantes, com equipamentos e qualidade semelhantes. No acompanhamento das atividades considerou-se os seguintes processos produtivos:

- Processo de medição e desenho;
- Processo de corte bruto e líquido;
- Processo de montagem e colagem;
- Processo de acabamento e polimento.

Fez-se o acompanhamento e a descrição de cada um dos processos, buscando identificar as facilidades e dificuldades de execução da peça. Conforme Mauro (2011), não há como fazer um fluxograma exato para o funcionamento de uma marmoraria, pois ao contrário de uma serraria, o serviço da marmoraria varia a cada cliente e projeto. Logo, buscou-se neste trabalho acompanhar a realização das peças mais comercializadas, conforme as próprias empresas. Portanto, analisou desde peças com acabamento e corte simples a peças de difícil corte e modelagem, analisando diferentes pontos deste processo, sendo as peças:

- Soleira;
- Peitoril;
- Pia e lavatório;
- Bancada;
- Balcão;

3.4 Determinação do Percentual Residual de RCMG

O percentual residual representa a quantidade de RCMG que é gerado em função da produção. Essa porcentagem serve para identificar a quantidade de resíduo descartada mensalmente na indústria e saber o custo efetivo, considerando-se as perdas que se tem durante a produção das peças de utilização. Logo, para a realização desta etapa, optou-se pela determinação de uma amostragem experimental para realização do procedimento.

3.4.1 Amostragem experimental

Conforme Fonseca e Martins (2012), no estudo de uma população, a pesquisa considera o estudo de uma parcela que seja significativa e representativa, de acordo com o seu tamanho e composição. Para isso, foi selecionada uma amostra da população para realização do estudo, determinada por meio dos dados estatísticos de população finita ou infinita. Para tal estudo, a variável em questão foram as unidades de marmorarias, e a população é finita, uma vez que se tem todos os dados da mesma. Para determinar o tamanho da amostra foi utilizada a Equação 1:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot N}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot \hat{p} \cdot \hat{q}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população;

Z = coeficiente que depende do grau de confiança fixado para estudo, dado na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores da variável estatística Z.

Grau de Confiabilidade	Valor de Z
95 %	1,96
95,5 %	2
99 %	2,57

Fonte: Fonseca e Martins (2012).

\hat{p} = porcentagem estimada da verdadeira proporção de um dos níveis, geralmente o principal fator da variável escolhida, expresso em decimais;

$$\hat{q} = 1 - \hat{p};$$

d = erro amostral, expresso em decimais, estabelecido pelo investigador.

Para tal caso, o grau de confiabilidade adotado foi de 95 % (sendo $Z = 1,96$), o erro amostral admissível foi de 15%, a porcentagem estimada \hat{p} foi de 98%, pois nos estudos de Santos, Nahime e Silva (2019), foi constatado que praticamente todas as marmorarias do município possuem o mesmo tipo de mão de obra e automação industrial, logo, \hat{q} foi de 0,02. A Tabela 2 mostra os valores a serem aplicados na Equação 1, conforme Fonseca e Martins (2012).

Tabela 2 - Valores adotados para cálculo da amostra.

N	Z	\hat{p}	\hat{q}	D
25	1,96	0,98	0,02	0,15

Fonte: Adaptado de Fonseca e Martins (2012).

Logo, calculando-se o valor da amostra, conforme a Equação 1, tem-se:

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,98 \cdot 0,02 \cdot 25}{0,15^2 \cdot (25 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,98 \cdot 0,02}$$

$$n = 3 \text{ unidades}$$

3.4.2 Procedimento experimental

Para determinar o percentual residuário do RCMG, inicialmente foram escolhidas 3 das 25 marmorarias aplicando-se o método de amostragem aleatória simples, conforme Fonseca e Martins (2012), no qual foram atribuídos números distintos para cada uma das 25 marmorarias conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Enumeração das unidades para sorteio

Marmoraria	Localização	Número atribuído
1	DIMPE	10
2	DIMPE	11
3	DIMPE	12
4	DIMPE	13
5	DIMPE	14
6	DIMPE	15
7	DIMPE	16
8	DIMPE	17
9	DIMPE	18
10	DIMPE	19
11	DIMPE	20
1	BR-060	21
2	BR-060	22
3	BR-060	23
1	BR-060	24
1	BR-060	25
2	BR-060	26
1	SAÍDA PARA GO-210	27
2	SAÍDA PARA GO-210	28
3	SAÍDA PARA GO-210	29
4	SAÍDA PARA GO-210	30
5	SAÍDA PARA GO-210	31
6	SAÍDA PARA GO-210	32
7	SAÍDA PARA GO-210	33
8	SAÍDA PARA GO-210	34

Fonte: Autor (2019).

Logo, foi realizado o sorteio das 3 marmorarias a serem visitadas seguindo-se a tabela de dígitos aleatórios conforme Fonseca e Martins (2012), mostrado na Figura 17 e Figura 18.

Tabela 5. Dígitos aleatórios

03991	10461	93716	16894	98953	73231	39528	72484	82474	25593
38555	95554	32886	59780	09958	18065	81616	18711	53342	44276
17546	73704	92052	46215	15917	06253	07586	16120	82841	22820
32643	52861	95819	06831	19640	99413	90767	04295	13574	17200
69572	68777	39510	35905	85244	35159	40188	28193	29693	88627
24122	66591	27899	06494	03152	19121	34414	82157	86887	55087
61196	30231	92692	61773	22109	78508	63439	75363	44969	16822
30532	21704	10274	12202	94205	20380	67049	09070	93399	45547
03788	97599	75867	20717	82037	10288	79495	04146	52162	90286
48228	63379	85783	47619	87481	37220	91704	30552	04737	21031
88618	19161	41290	67312	74857	15957	48545	35247	18619	13674
71299	23853	05870	01119	92784	26340	75122	11724	74627	73707
27954	58909	82444	99005	04921	73701	92904	13141	32392	19763
80863	00514	20247	81759	45197	25332	88902	83742	78464	22501
33584	60780	48460	85558	15191	18782	94972	11598	62095	36787
90899	75754	60833	25983	01291	41349	19152	00023	12302	80783
78038	70267	43529	06318	38384	74761	36024	00867	76378	41605
55986	66485	88722	56736	66164	49431	94458	74284	05041	48807
87539	08823	94813	31900	54155	83436	54158	34243	46978	35482
16818	60311	74457	90561	72848	11834	75051	93029	47665	64382
34677	58300	74910	64345	19325	81540	60365	94853	35075	33949
45305	07521	61318	31855	14413	70951	83799	42402	56623	34442
59747	67277	76503	34513	39663	77544	32980	07405	36409	83232
16520	69676	11654	99893	02181	68161	19322	53845	57620	52606
68652	27376	92852	55866	88448	03584	11220	94747	07399	37408

*(continua)***Figura 17** – Tabela de dígitos aleatórios – Parte 1
Fonte: Fonseca e Martins (2012).

(continuação)

79375	95220	01159	63267	10622	48391	31751	57280	68980	05339
33521	26665	55823	47641	86225	31704	88492	99382	14454	04504
59589	49067	68821	41575	49767	04037	30934	47744	07481	83828
20554	91409	98277	48257	50816	97616	22888	48893	27499	98748
59404	72059	43947	51680	43852	59693	78212	16993	35902	91386
42614	29297	01918	28316	25163	01889	70014	15021	68971	11403
34994	41374	70071	14736	65251	07629	37329	33295	18477	65622
99385	41600	11133	07586	36815	43625	18637	37509	14707	93997
66497	68646	78138	66559	64397	11692	05327	82162	83745	22567
46509	23929	27482	45476	94515	25624	95098	67948	16930	33361
15470	48355	88651	22596	83761	60873	43253	84145	20368	07126
20094	98977	74843	93413	14387	06345	80854	09279	41196	37480
73788	06533	28597	20405	51321	92246	80088	77074	66919	31678
60530	45128	74022	84617	72472	00008	80890	18002	35352	54131
44372	15486	65741	14014	05486	55306	93128	18464	79982	68416
18611	19241	66083	24653	84609	58232	41849	84547	46850	52323
58319	15997	08355	60860	29735	47762	46352	33049	69248	93460
61199	67940	55121	29281	59076	07936	11087	96294	14013	31792
18627	90872	00911	98936	76355	93779	52701	08337	56303	87315
00441	58997	14060	40619	29549	69616	57275	36898	81304	48585
32624	68691	14845	46672	61958	77100	20857	73156	70284	24326
65961	73488	41839	55382	17267	70943	15633	84924	90415	93614
20288	34060	39685	23309	10061	68829	92694	48297	39904	02115
59362	95938	74416	53166	35208	33374	77613	19019	88152	00080
99782	93478	53152	67433	35683	52972	36688	32486	45134	63545

Figura 18 – Tabela de dígitos aleatórios – Parte 2

Fonte: Fonseca e Martins (2012).

Seguindo-se os dígitos da tabela, os 3 primeiros valores encontrados foram os números 10 16 e 32, respectivamente. Então, as marmorarias selecionadas para a realização do

procedimento experimental foram duas no Setor DIMPE e uma na saída para a GO-240 no município de Rio Verde/GO.

Realizou-se então as visitas nas unidades selecionadas, onde realizou-se as análises de campo no período de 5 dias, onde seguiram-se as seguintes etapas:

1ª etapa – Os resíduos do tipo RCMG, tanto das etapas de corte bruto quanto de corte líquido foram acondicionados em um tambor metálico, com volume de 200 L, localizado próximo a área de trabalho dos funcionários, durante o período de 5 dias.



Figura 19 - Modelo do tambor metálico de 200 L.

Fonte: Autor (2019).

2ª etapa – Solicitou que a quantidade da produção diária, realizada neste período, apresentada em projeto ou ordem de serviço, fosse separada.

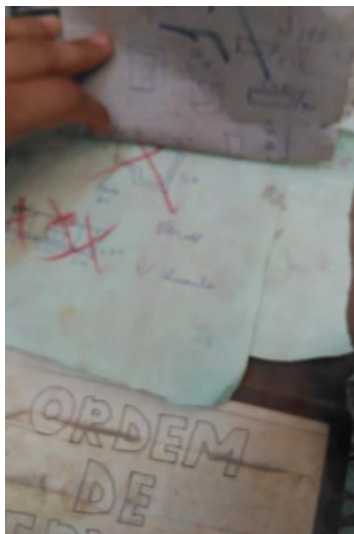


Figura 20 - Ordens de serviço na prancheta.

Fonte: Autor (2019).

3ª etapa – No final do 5º dia, todo o volume de RCMG acumulado foi coletado juntamente com os desenhos de todas as peças produzidas neste mesmo período.

4ª etapa – Todo o volume de RCMG foi levado para pesagem em uma balança industrial. Foram anotados os valores da massa bruta total residuária (M_{BTR}) e da massa dos recipientes (M_{REC}), para o cálculo da massa líquida total residuária (M_{LTR}), conforme a Equação 2:

$$M_{LTR} = M_{BTR} - M_{REC} \quad (\text{Eq. 2})$$



Figura 21 - Balança industrial carregada com RCMG.

Fonte: Autor (2019).

5ª etapa – Por último, os dados dos resíduos das peças produzidas foram organizados em tabela com as informações da marmoraria, do dia, da quantidade de serviços, da produção diária e acumulada (m^2), para obtenção do total de m^2 produzidos.

3.4.3 Cálculo da porcentagem real

Tendo-se os valores do M_{LTR} e de toda a quantidade (em m^2) produzida no período de análise, calculou-se primeiramente o volume total (em m^3), multiplicando-se este valor pela espessura padrão das chapas, que é de 2 cm. (Equação 3):

$$\text{Volume produzido (m}^3\text{)} = \text{Quantidade produzida (m}^2\text{)} \times 0,02m \quad (\text{Eq. 3})$$

Conforme os estudos de Santos, Nahime e Soares (2019), a massa específica do RCMG é de 2540 kg/m³. Logo, determinou-se a massa líquida total produzida (M_{LTP}) pela Equação 4:

$$M_{LTP} (kg) = Volume produzido (m^3) \times 2540 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (Eq. 4)$$

Por fim, para determinação do percentual residuário foi seguida Equação 5:

$$\% Res = \frac{M_{LTR}}{M_{LTP}} \times 100 \quad (Eq. 5)$$

3.5 Análise dos dados

Na realização da pesquisa foram recolhidas informações em entrevistas e observações da produção das marmorarias e da geração de RCMG. Estes dados foram transformados em dados numéricos e analisados para elaboração dos resultados, que foram disponibilizados em forma de cálculos e tabelas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados respectivamente para o estudo do processo produtivo e para a determinação do percentual resíduo obtidos conforme realizados na metodologia.

4.1 Resultados do estudo do processo produtivo

4.1.1 Soleira

As soleiras foram identificadas como peças de fácil corte e modelagem, geralmente em formato retangular, colocadas no piso das portas e na divisa de ambientes. Verificou-se que o acabamento das faces laterais da soleira depende do local em que ela pode ser instalada. Se a soleira for nivelada ao piso nas duas laterais, não terá acabamento lateral, mas se uma ou duas das faces for exposta, onde o piso tem um desnível, ela deverá ser acabada nas faces a serem expostas.

- **Processo de medição e desenho**

No processo de medição, verificou-se que as soleiras são medidas de acordo com o vão efetivo das portas, sendo o espaço entre os contramarcos, que depende do comprimento da esquadria. Já a largura da soleira, corresponde à largura da parede do local de instalação. Verificou-se que medição da soleira deve ser *in loco*, para evitar erros. O desenho de uma soleira idealizada foi feito conforme apresentado na Figura 22.

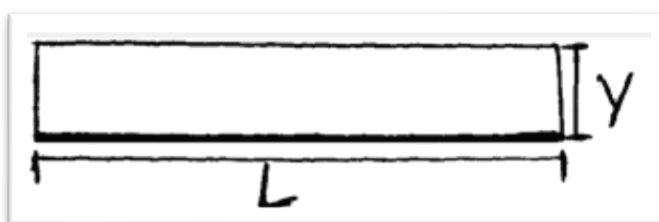


Figura 22 - Desenho de soleira no papel.

Fonte: Autor (2019).

Conforme mostrado acima, a soleira foi desenhada na sua forma retangular e suas dimensões correspondem a largura (Y) e comprimento (L). Se a soleira tiver uma ou mais das laterais a vista, ela tem que ser acabada nessa face, onde seu desenho seria simbolizado por meio de um “A” dentro de um círculo próximo ao comprimento que receberia o acabamento.

A Figura 23 ilustra como seria uma soleira de dimensões L e Y com acabamento em uma das laterais.

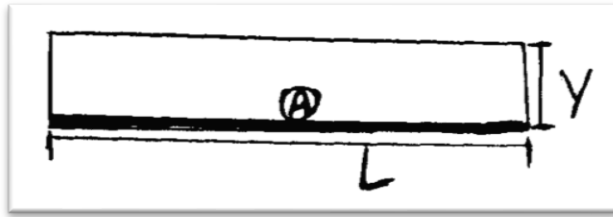


Figura 23 - Desenho de soleira com acabamento no papel.

Fonte: Autor (2019).

▪ Processo de corte bruto e líquido

O processo de corte da soleira é simplificado por se tratar de uma peça sem montagem e colagem. A Figura 24 mostra o corte bruto realizado na chapa de granito para duas soleiras de 60 cm x 14 cm.



Figura 24 - Corte bruto de uma soleira.

Fonte: Autor (2019).

Na Figura 24, observou-se que as dimensões das soleiras foram representadas em vermelho sobre a face da pedra, e nota-se também que o corte bruto foi realizado em um tamanho superior às medidas das soleiras propriamente ditas, para que haja apenas a separação da chapa e da parte que se deseja modelar. O corte da peça foi realizado com serra mármore manual, e apresentou irregularidade ao longo da linha reta de corte, logo, a dimensão passante forneceu segurança neste processo. Após o corte bruto, realiza-se o corte líquido da peça mediante serra cortadeira, conferindo as dimensões de projeto. Neste processo foram identificados resíduos gerados pelo corte líquido, como filetes e retalhos, além da lama

como mostrados na Figura 25. À direita na figura foram mostrados os resíduos originados no corte líquido. Para fins de comparação, pesou-se as peças e os resíduos e obteve-se cerca de 8 % de resíduos do total cortado.



Figura 25 - Resíduos gerados no corte da soleira
Fonte: Autor (2019).

▪ **Processo de acabamento e polimento**

O acabamento das soleiras foi feito quando se tem uma ou mais das laterais a vista, onde como visto na Figura 23, ela foi simbolizada com um “A” dentro de um círculo no desenho. Logo, essa face lateral a ser polida foi acabada seguindo-se 4 etapas: a primeira foi a de modelagem, onde se passou inicialmente o rebolo – uma peça cilíndrica de rocha forjada para fazer desbaste em superfícies. O rebolo foi utilizado por meio de uma lixadeira ou politriz para dar uma forma a face lateral da soleira. Na Figura 26 foi apresentado os tipos de acabamento que podem ser feitos nas faces das rochas ornamentais.

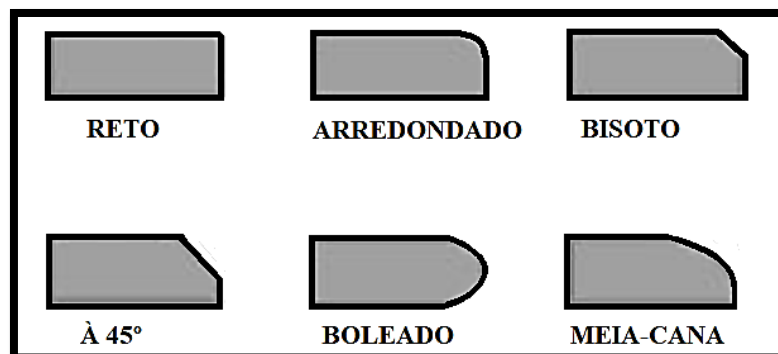


Figura 26 - Tipos de acabamento das soleiras.
Fonte: Autor (2019).

Constatou-se que os acabamentos mais realizados nas soleiras foram o meia cana, popularmente conhecido como abaulado, e o do tipo bisoto. Foi observado que o tipo de acabamento abaulado obteve maior quantidade de resíduos gerados, pois há maior desgaste da quina da peça durante o processo de arredondamento. Após o processo de abaulamento, avaliou-se o tipo de resíduo gerado, e observou-se que esse resíduo caracterizou como visivelmente muito fino, como RBMG, conforme Lopes (2006).

As próximas etapas realizadas foram o lixamento, onde passa uma lixa 120 para alisar a face a fim de receber o brilho, e o polimento que utiliza lixas de numeração 220, 400 e 600, onde o brilho e a nitidez da face aumenta conforme a aspereza da lixa. Neste processo, o único resíduo gerado que se observou foi o pó, que no lixamento utilizado (à seco), dissipou-se pelo ar. A última etapa observada foi o lustre, onde pode-se passar materiais, como cera ou carnaúba, por meio de uma lixa lisa fixada na politriz. Esse material foi passado não só na face acabada mas em todas as faces polidas da peça, dando brilho contínuo, conforme mostrado na Figura 27.



Figura 27 - Soleira acabada e com lustre.

Fonte: Autor (2019).

4.1.2 Peitoril

O Peitoril foi identificado como uma peça com corte mais trabalhado, porém de fácil modelagem, forma retangular e de instalação na superfície inferior do requadro da alvenaria para janelas de vidro. O nome peitoril trata-se de duas peças retangulares de comprimentos iguais e larguras diferentes, cortadas e coladas a menor sobre a maior. Verificou-se que largura do peitoril geralmente é 2 cm maior que a largura da parede, fazendo com que o lado

de fora passe para fora da parede, impedindo que a água escoe pela parede abaixo. Essa largura passante dos peitoris é conhecida como pingadeira.

- **Processo de medição e desenho**

Foi acompanhado um orçamento realizado a um cliente, onde se fez a medição de um peitoril *in loco*. Verificou-se que, para a medição de um peitoril, foi necessário que a parede estivesse requadrada e com a largura final da parede. Caso não estivesse, seria necessário que o responsável pela obra fornecesse todas as informações de alterações que poderiam interferir na medição. A Figura 28 mostra o desenho de um peitoril feito para orçamento.

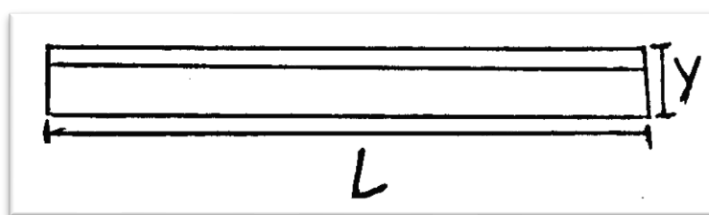


Figura 28 - Desenho de peitoril no papel.

Fonte: Autor (2019).

Analisando-se a Figura 28, constatou-se que a largura Y representa a largura da parede já somada de 2 cm, representando já as duas peças superpostas e coladas uma sobre a outra.

- **Processo de corte bruto e líquido**

No processo de corte dos peitoris, verificou-se uma complexidade na interpretação do desenho devido a parte superior ser colada acima da parte maior do peitoril, denominada por régua. Foi constatado que essa parte tem geralmente 5 cm de largura, sendo frágil. A complexidade é devido a necessidade de se realizar um pré-cálculo de sua largura final antes de se realizar o corte, para que não haja erros e que a largura final satisfaça o projeto. O cálculo do tamanho da peça maior (a peça de baixo), foi feito subtraindo-se a largura da régua (que é de 5 cm), mas também somando-se a largura de encontro das duas peças (2 cm), onde uma foi colada sobre a outra. A Figura 29 mostra a seção de um peitoril de largura Y.

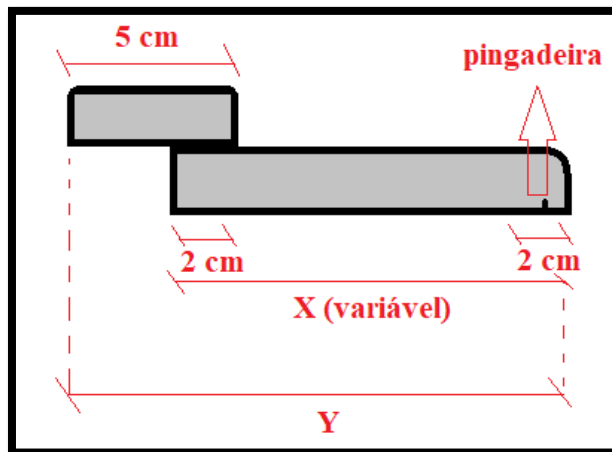


Figura 29 - Seção de um peitoril.

Fonte: Autor (2019).

Sabendo-se a largura do peitoril, iniciou-se o processo de corte, onde retirou-se uma peça inteiriça na chapa. Neste processo, verificou-se que o tamanho cortado foi o equivalente a largura do peitoril em projeto somado de mais 5 cm devido aos 2 cm necessários para a colagem e mais 3 cm referentes a margem de segurança do corte na serra cortadeira, onde após o corte, obteve-se as duas peças conforme mostrado na Figura 30.



Figura 30 - Peças cortadas para montagem de peitoril.

Fonte: Autor (2019).

Assim, constatou-se que cerca de 2 cm que passaram do corte inicial foram de cacos e filetes ao longo do comprimento do peitoril, originados pelo corte na serra cortadeira, originando-se cerca de 11% de resíduos conforme tirada a razão dos pesos.

- **Processo de montagem e colagem**

Após o corte, montou-se o peitoril colocando as peças sobre a bancada de trabalho. O primeiro passo para que sejam coladas é a demarcação de 2 cm referente ao ponto de encontro das peças, realizada com giz de cera passado tanto na superfície lisa da parte maior do peitoril quanto na parte inferior da menor peça. Antes que ambas as peças fossem coladas, com massa plástica, foi feita uma ranhura com o disco da serra mármore, para que as superfícies ficassem ásperas e dessem boa aderência a cola. Inicialmente separou-se um pouco da cola em um recipiente, onde foi adicionado o catalisador e misturado e rapidamente passou essa mistura ao longo da parte da peça maior e, em seguida, a peça menor foi colocada sobre a maior, no ponto de encontro, sendo pressionada sobre a cola e firmada por cerca de 1 min ou até que a cola já estivesse endurecida.

- **Processo de acabamento e polimento**

O acabamento do peitoril é realizado em uma face de cada peça cortada, como mostrado na Figura 31. Esta etapa pode ser realizada tanto antes quanto depois do processo de montagem e colagem do peitoril por serem processos distintos.



Figura 31 - Colagem realizada em peitoril.

Fonte: Autor (2019).

No acabamento das faces do peitoril, observou-se o mesmo tipo de acabamento dado na face lateral da soleira, conforme apresentado no tópico 4.1.1, onde após a modelagem feita com o rebolo, teve-se o lixamento, seguido do polimento e da aplicação da cera em todas as faces polidas do peitoril ao final das etapas. A forma final do peitoril apresentou-se conforme mostra a Figura 32.

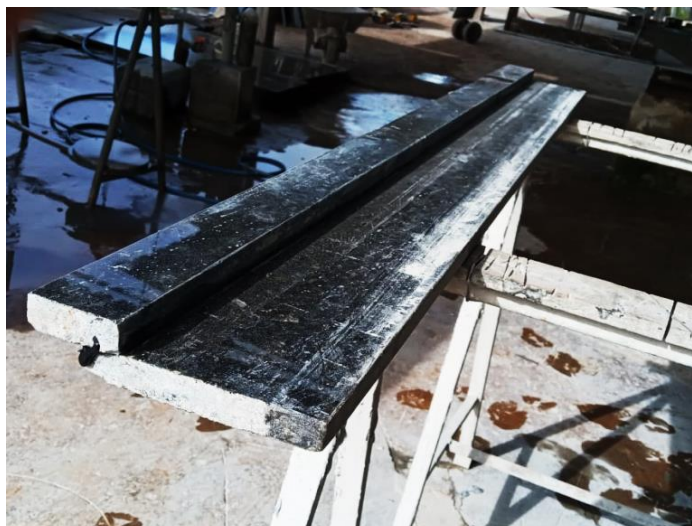


Figura 32 - Peitoril acabado.

Fonte: Autor (2019).

4.1.3 Bancada

As bancadas foram identificadas como umas das peças grandes mais fáceis de se produzir por serem retangulares. As percas nas bancadas foram, em grande parte, devido a cortes de largura e comprimento não precisos na disposição da chapa, ou em cortes para *cooktops* que inutilizam parte da pedra. Foi verificado que tanto nas bancadas quanto nas pias, balcões e lavatórios, é comum que se tenha um acabamento nas bordas externas que aumente visivelmente a espessura da peça. O engrosso das bordas das bancadas, denominado de saia, é obtido mediante a colagem de uma régua, deitada ou em pé (Figura 33), nas faces da peça opostas a parede.



Figura 33 - Tipos de acabamentos típicos em bancadas, lavatórios e balcões.

Fonte: Autor (2019).

- **Processo de medição e desenho**

Foi acompanhado o processo de medição de uma bancada para realização de um orçamento. O desenho foi apresentado conforme apresentado na Figura 34, onde é mostrada uma bancada de dimensões L e Y e a régua da bancada foi representada no desenho por linha tracejada paralela a linha das faces opostas a parede (neste caso, as faces L e Y). Já as faces de fixação na parede foram identificadas pela letra “P”, na qual também indica que teria um

‘espelho’ ou ‘roda mão’, peça que acompanha todas as faces rentes a parede, tendo-se uma altura de cerca de 10 cm.

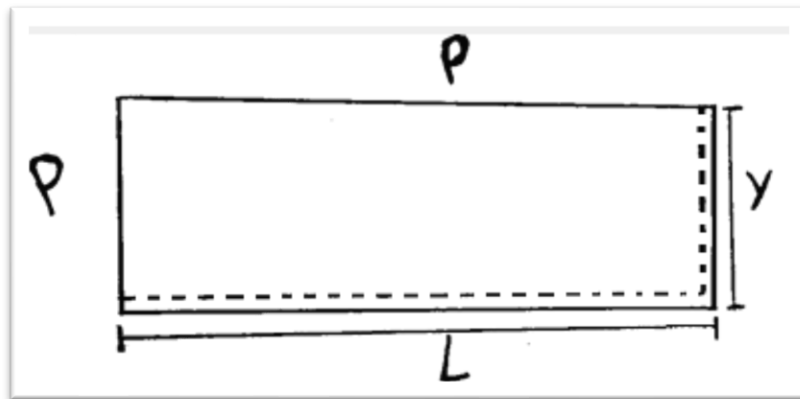


Figura 34 - Desenho de uma bancada no papel.

Fonte: Autor (2019).

- **Processo de corte bruto e líquido**

No processo de corte das bancadas foi identificado o mesmo procedimento de corte bruto e corte líquido das soleiras e peitoris. No corte bruto, o tamanho da bancada foi marcado na chapa considerando-se nesta medida as régua, os roda mãos e cerca de 3 cm a mais em torno da medida principal. Já no corte líquido, realizado pela serra cortadeira, foram cortados todos os componentes da bancada para montagem, conforme mostrado na Figura 35. Neste processo foram identificados resíduos de cacos, filetes e sobras, além da lama gerada no corte. Por meio do programa AutoCAD pode-se comparar a área útil das peças com a área residuária mostrada em vermelho na figura, na qual obteve-se 13% de geração de resíduos do total.

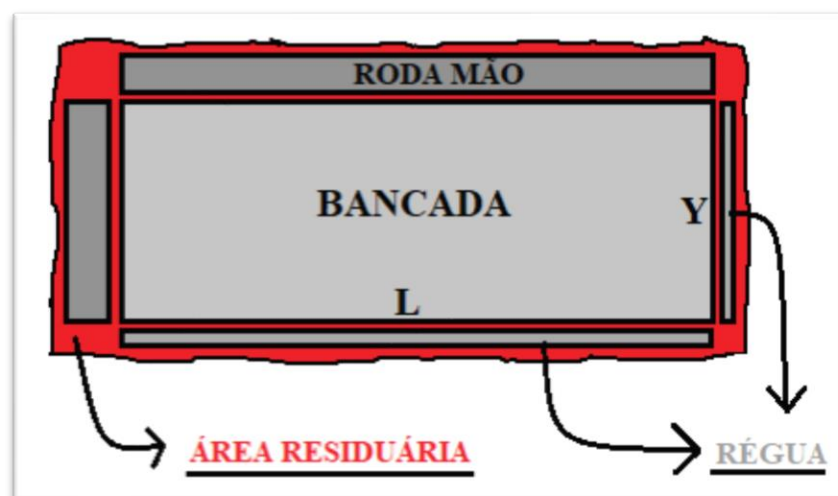


Figura 35 - Projeção das peças de uma bancada no corte líquido.

Fonte: Autor (2019).

Conforme mostrado na Figura 35, a área residuária foi indicada em vermelho, onde a borda externa representa o corte bruto realizado na chapa com a serra mármore manual. Logo, pode-se afirmar que quanto mais peças de um total são cortadas na serra cortadeira, maior será a quantidade de resíduos gerados.

- **Processo de montagem e colagem**

A montagem de uma bancada iniciou-se com a colagem das réguas nas partes indicadas no desenho da ordem de serviço. Neste processo, a bancada foi colocada com a face polida para baixo e realizou-se uma ranhura com a serra mármore nas faces que seriam coladas às réguas com a massa plástica, conforme mostra a Figura 36.



Figura 36 - Processo de colagem de uma bancada.

Fonte: Autor (2019).

- **Processo de acabamento e polimento**

Após a colagem das réguas da bancada, as bordas coladas receberam o acabamento com rebolo de 80, seguido da aplicação da lixa 120, para alisamento da face modelada, polimento com as lixas 220, 400 e 600, e o lustre das faces polidas com a cera. A bancada foi apresentada na sua forma final na Figura 37.



Figura 37 - Bancada pronta para comercialização.
Fonte: Autor (2019).

4.1.4 Pias e lavatórios

As pias e lavatórios, foram caracterizadas como peças de bancadas transformadas e adaptadas para receberem cubas de inox ou de porcelana e torneiras para passagem de água. Em relação a geração de resíduos, foi constatado que a maior perda se dá nos cortes das cubas que sejam de inox ou de porcelana possuem dimensões relativamente pequenas e com bordas curvas, podendo ser de formas retangulares ou elipsoidais (ovais), como mostrado na Figura 35 e 36. Essas peças são teoricamente inutilizáveis, gerando acúmulo de resíduos nos galpões das marmorarias. Em alguns casos, essas peças são recortadas e reutilizadas como pisos. Embora seja uma opção de grande aproveitamento desses resíduos, não se torna muito viável devido o custo maior no recorte dessas peças, gastando tempo de serviço para a venda em um valor muito baixo por m². Ademais, poucos clientes interessam por essas peças de recortes, pelo fato de serem em cores variadas e não uniformes.



Figura 38- Cuba de inox para pias à esquerda e de louça para os lavatórios à direita.
Fonte: Autor (2019).

- **Processo de medição e desenho**

Foi acompanhado o orçamento de uma pia e lavatório para aferição das medidas fornecidas pelo cliente. Para a pia, verificou-se que a régua, filete que se coloca nas faces não acopladas à parede, foi desenhada para ficar na parte superior da pedra da pia impedindo a passagem da água para fora da pia. O desenho de uma pia de dimensões L e Y com parede em dois dos seus lados apresentou-se conforme mostrado na Figura 39.

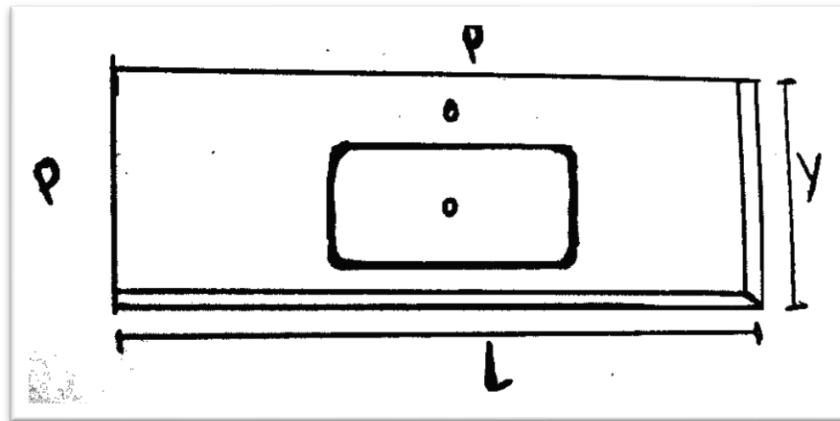


Figura 39 - Desenho de uma pia no papel.

Fonte: Autor (2019).

No caso no lavatório, foi constatado que o usual é o acabamento modelo saia, dada por uma régua em pé de altura 's' nas laterais não acopladas à parede. Constatou-se também que o tamanho de um lavatório depende do tamanho do banheiro, por isso foi de extrema importância a aferição das medidas fornecidas e dos lados onde seria instalada, para a correta elaboração do desenho. Os lavatórios foram elaborados de duas formas: apenas retangulares, ou com quebra-de-canto, como mostrado nas Figuras 40 e 41.

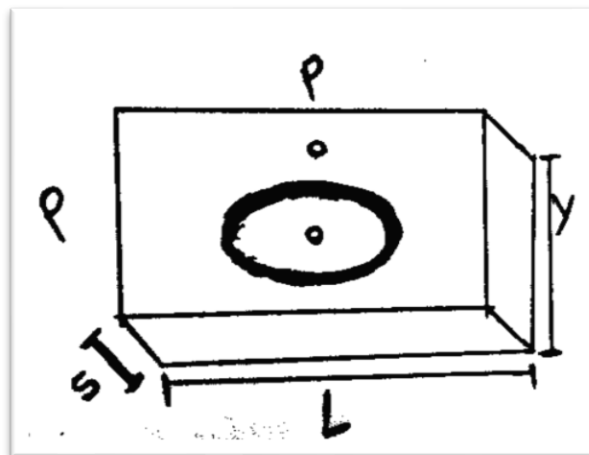


Figura 40 - Desenho de um lavatório retangular no papel.

Fonte: Autor (2019).

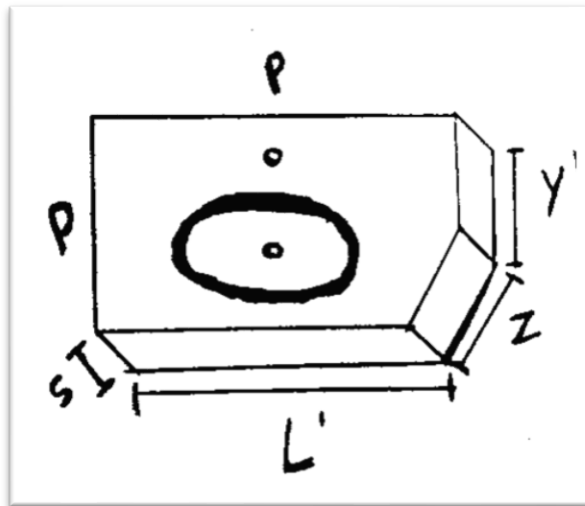


Figura 41 - Desenho de um lavatório com quebra-de-canto no papel.

Fonte: Autor (2019).

Observou-se que no lavatório com quebra-de-canto as medidas de L e Y , foram substituídas pelas variáveis L' e Y' que fornecem a posição exata da diagonal Z .

- **Processo de corte bruto e líquido**

Inicialmente, foram somados os tamanhos de todas as peças que compõem a pia e o lavatório e, assim, foi determinado o tamanho da peça a ser cortada na chapa. Se o tamanho total ficasse superior à metade do tamanho da chapa, as peças seriam cortadas individualmente, por questões econômicas. Como foi o caso, cortou-se primeiro a peça inteira da pia e depois a peça do lavatório.

O corte das cubas não é realizado na etapa do corte líquido e sim posteriormente no processo de montagem e colagem, denominado de furação. No corte da pia foram identificados resíduos de cacos, filetes e retalhos assim como nas bancadas, por terem várias peças em sua composição. Já no corte do lavatório, verificou-se que o modelo com quebra-de-canto gerou maior quantidade de resíduos, conforme Figura 42, onde já se inclui a área do corte da cuba como área residuária. Comparou-se a área útil das peças com a área residuária mostrada em vermelho da Figura 42, e obteve-se cerca de 28% de geração de resíduos do total cortado.

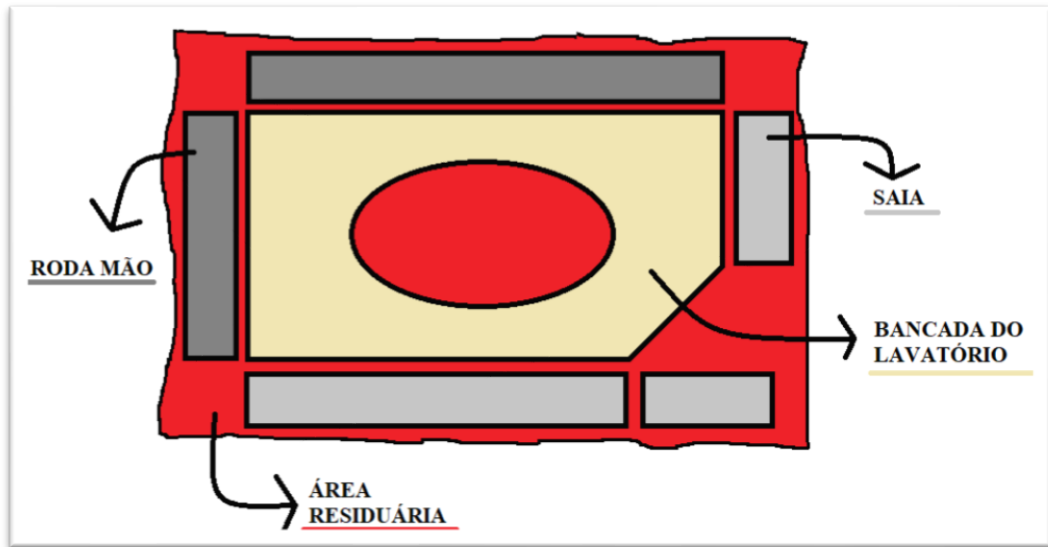


Figura 42 - Representação do corte de um lavatório com quebra-de-canto.

Fonte: Autor (2019).

- **Processo de montagem e colagem**

Neste processo, foram executadas as colagens das régua para a pia e das saias para o lavatório. A régua da pia foi colada na parte superior da bancada, como mostra a Figura 43.

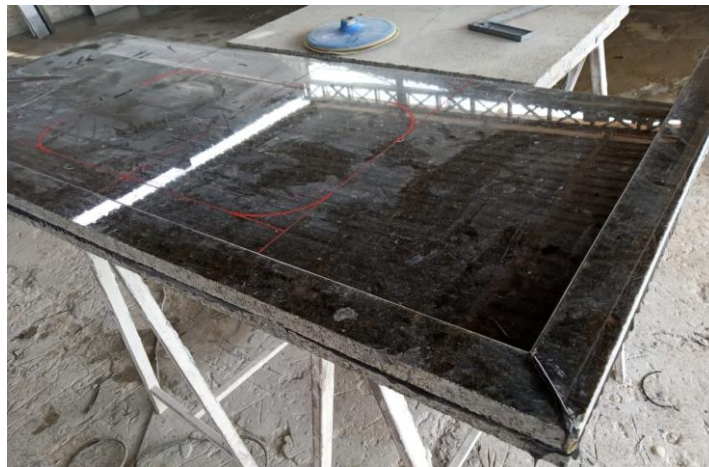


Figura 43 - Bancada de pia com colagem da régua.

Fonte: Autor (2019).

Já no lavatório, foi colocado na parte inferior, colando-se com a peça da bancada com a face polida para baixo. Verificou-se que o processo de colagem das saias pode ser realizado de duas formas: topado ou em meia esquadria, como mostrado na Figura 44.

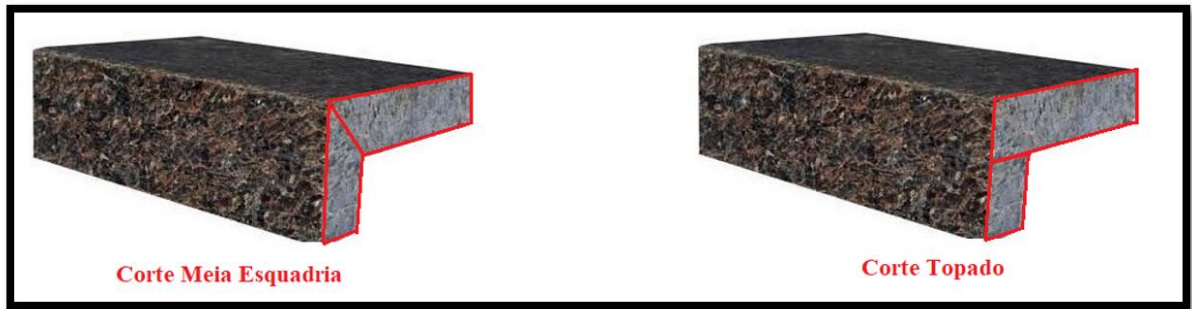


Figura 44 - Tipos de colagem de saia para bancadas.

Fonte: Autor (2019).

Estes tipos de colagens foram destacados como as mais utilizadas não só para os lavatórios, mas para bancadas, balcões, pias e demais peças. Segundo Lider (2014), diversos outros tipos de acabamentos e guarnições podem ser feitos nas bordas das peças de utilização das marmorarias, tendo-se variações de espessura, cor, nível e forma, como mostrado na Figura 45.

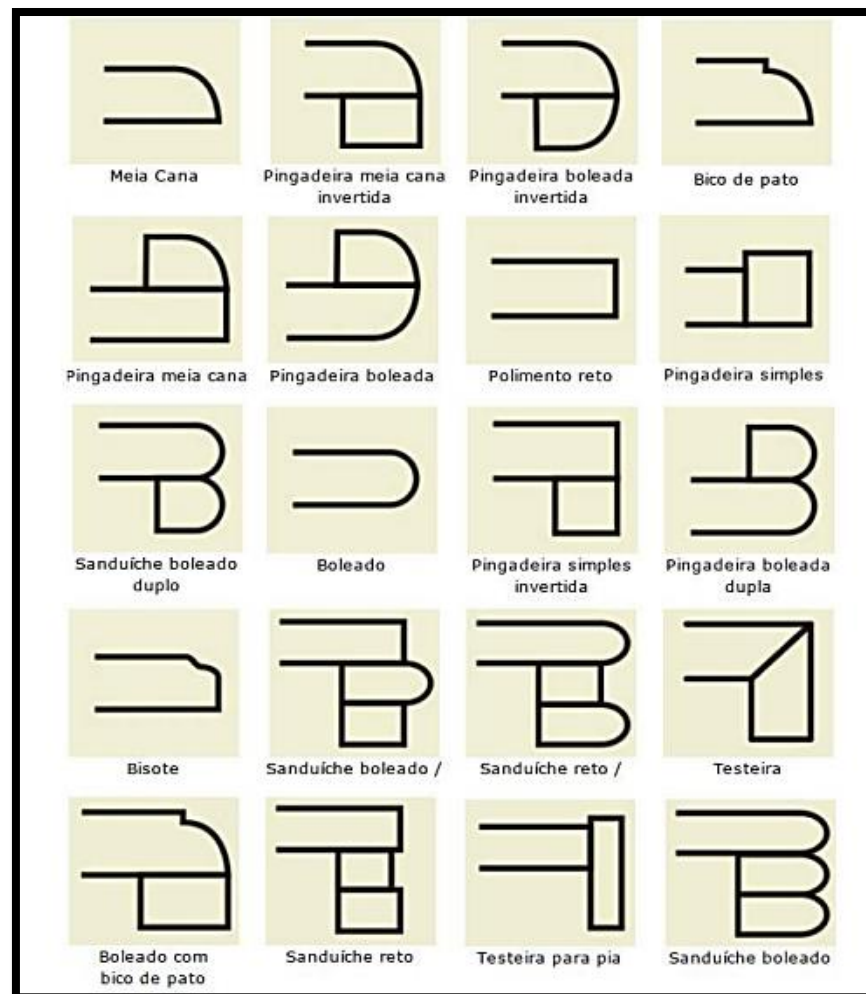


Figura 45 - Tipos de acabamentos e colagens para bordas de rochas ornamentais.

Fonte: Lider (2014).

- **Processo de acabamento e polimento**

O acabamento das pias e lavatórios foi o último processo realizado, no qual as bordas coladas e a borda do corte da cuba receberam o acabamento e o polimento, conforme feito nas peças citadas anteriormente. Nestes processos só foram identificados resíduos de pó em forma de poeira, originados pela passagem das lixas na face rústica da rocha. Ao final do lustre, as peças se apresentaram conforme mostrado nas Figuras 46, 47 e 48.



Figura 46 - Pia finalizada.
Fonte: Autor (2019).



Figura 47 - Lavatório simples finalizado.
Fonte: Autor (2019).



Figura 48 - Lavatório com quebra-de-canto finalizado.
Fonte: Autor (2019).

4.1.5 Balcão

Os balcões foram identificados como peças de rochas ornamentais fabricadas em diversos formatos e empregadas para utilização doméstica ou comercial. Geralmente os balcões são retangulares, porém podem apresentar variedade geométrica, em forma de “L”, curvado, arredondado e até em forma de “S”. O balcão em formato de “L” é o mais comercializado. Os balcões também possuem acabamento nas bordas podendo ser desde bordas simples até com réguas ou saias, ou conforme os modelos apresentados na Figura 45.

Neste procedimento, foram acompanhados e ilustrados o processo de fabricação de um balcão em formato L e com curva arredondada, onde constatou-se que há maiores perdas de material, pois as sobras da parte arredondada, dependendo da sua dimensão, são inutilizáveis.

- **Processo de medição e desenho**

Na realização do orçamento, foi acompanhado a medição de um balcão em formato “L” onde as variáveis se apresentaram conforme a Figura 49. A variável Y representa a largura do balcão, e as variáveis L_1 , L_2 , L_1' e L_2' representam os comprimentos por dentro e por fora do balcão.

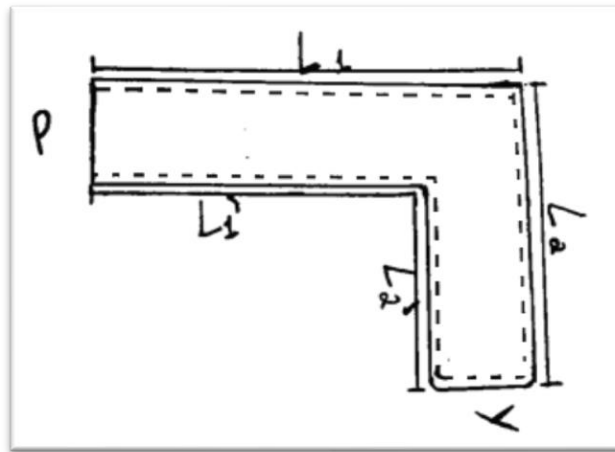


Figura 49 - Desenho de um balcão em L no papel.
Fonte: Autor (2019).

Foi elaborado também o desenho do mesmo balcão, mas com curva, conforme Figura 50, onde a variável L_c representa a linha de corte para execução da curva.

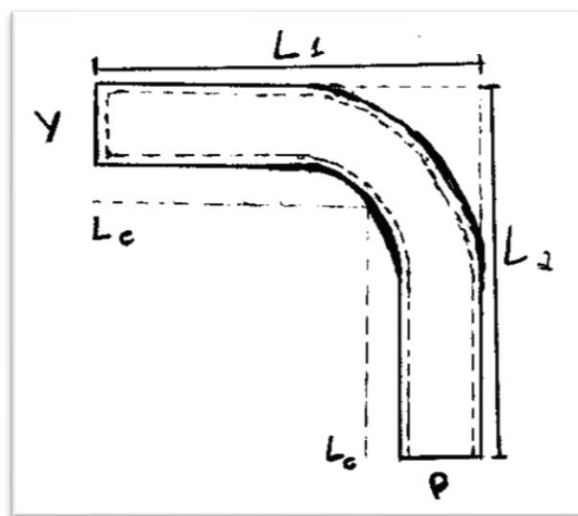


Figura 50 - Desenho de um balcão com curva arredondada no papel.
Fonte: Autor (2019).

Após a elaboração do orçamento dos balcões, os desenhos feitos foram levados para a execução do corte bruto e líquido dos componentes dos balcões.

- **Processo de corte bruto e líquido**

O primeiro corte realizado foi o bruto, no qual as medidas do balcão de formato “L” foram marcadas na chapa considerando-se toda a sua área, incluindo-se as régua e mais cerca de 3 cm, conforme explicitado nas peças anteriores. Então, cortou-se então a mesma com a serra mármore manual. Logo, a peça bruta foi levada para a serra cortadeira, onde realizou-se

o corte individual de cada componente do balcão. Neste processo, foram identificados resíduos de cacos, filetes e retalhos que são justificados pela variação das medidas de corte bruto e líquido, como visto nas outras peças. Já no corte do balcão com curva arredondada, verificou-se uma certa complexidade na elaboração da marcação da curva que inicialmente foi visualizada como um retângulo para facilitar o corte. Neste processo, a peça do balcão pode ser dividida em uma, duas ou três partes, e a escolha da divisão depende do comprimento total do balcão. Na Figura 51, foi representado o corte do balcão, com todos os componentes, áreas de utilização e residuária. Comparou-se ambas as áreas no programa AutoCAD, e foi verificado que a geração de resíduos para este caso pode ser de até 32% do total cortado.

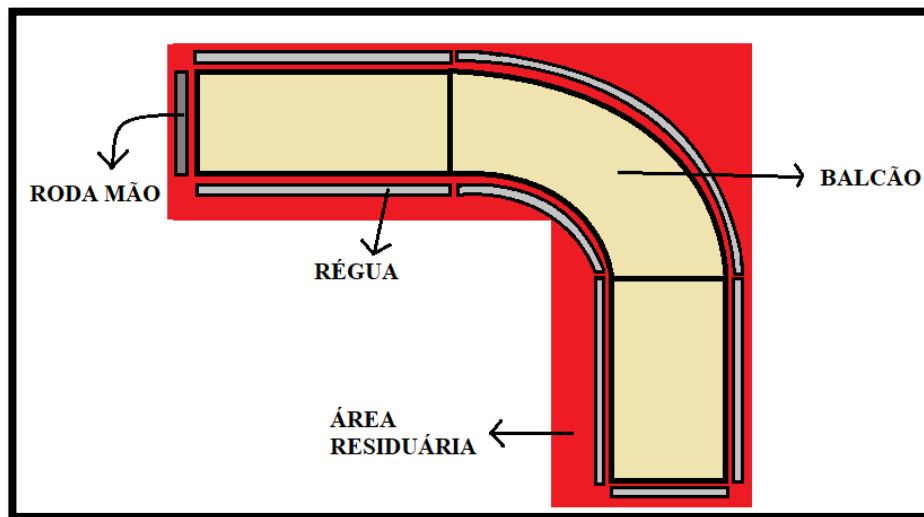


Figura 51 - Representação do corte do balcão com curva arredondada.

Fonte: Autor (2019).

Analisando a Figura 51, observou-se que se teria uma grande perda de material devido a área curva do balcão. Mesmo assim, foi importante ressaltar que essa forma de corte adotada pela empresa evitou que aconteça erros durante o corte da curva. Logo, para execução do corte líquido, utilizou-se a serra cortadeira para as partes retas do balcão. Entretanto, a peça da curva não pode ser passada na cortadeira, por ser um equipamento de cortes lineares. Sendo assim, o corte curvo foi feito demarcando-se as linhas de corte do balcão e das régua e cortando-se com a serra mármore manual. Ao final do processo de corte, pode-se constatar que houve uma grande quantidade de retalhos triangulares, filetes e bordas curvas que seriam praticamente inutilizáveis para outros serviços, como pode ser observado na Figura 52.



Figura 52 - Resíduos gerados no corte de um balcão com curva arredondada.

Fonte: Autor (2019).

- **Processo de montagem e colagem**

No processo de montagem dos balcões, foram observados os mesmos procedimentos de acabamento já vistos na bancada, nos quais as peças foram colocadas com a face polida para baixo, e as régulas foram coladas, em seguida na superfície rústica, tanto para o balcão em L quanto para o balcão curvo.

- **Processo de acabamento e polimento**

No último procedimento, as bordas coladas receberam o acabamento com rebolo de 80 seguido da lixa 120, o polimento com as lixas 220, 400 e 600, e o lustre com a cera, conforme foi executada nas peças citadas anteriormente. Neste processo, assim como nas outras peças, só foram identificados resíduos de pó em forma de poeira. Na Figura 53 foi apresentado a forma final de um balcão.



Figura 53 - Balcão arredondado pronto para comercialização.

Fonte: Autor (2019).

4.2 Determinação do percentual residuário

Ao final do procedimento experimental de coleta de dados, pode-se realizar os cálculos para obtenção do percentual residuário. Inicialmente, foi obtido o valor da massa bruta total residuária (M_{BTR}). O valor anotado da M_{BTR} para cada marmoraria onde o experimento foi realizado foi dado segundo a Tabela 4.

Tabela 4 - Valores da M_{BTR} pesada em cada marmoraria.

Marmoraria	Valores da M_{BTR} (Kg)	Massa do recipiente (kg)
1	298,20	16,20
2	264,60	16,20
3	341,20	16,20

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos dos M_{LTR} , conforme a Equação 02.

Tabela 5 - Valores obtidos das M_{LTR} .

Marmoraria	Valores da M_{LTR} obtidos (Kg)
1	282
2	248,40
3	325
Média	285,15

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 6 descreve a metragem total da produção realizada no período experimental.

Tabela 6 – Média da metragem da produção em m² dos 5 dias corridos.

Marmoraria	Dia	Quant. de serviços	Produção diária (m ²)	Produção acumulada (m ²)
1	1	7	11,23	11,23
	2	6	9,70	20,93
	3	4	12,25	33,18
	4	5	11,65	44,83
	5	4	6,72	51,55
2	1	6	7,75	7,75
	2	4	11,43	19,18
	3	7	13,55	32,73
	4	6	16,64	49,37
	5	5	6,68	56,05
3	1	5	11,56	11,56
	2	6	14,70	26,26
	3	8	15,42	41,68
	4	6	11,40	53,08
	5	5	11,07	64,15
Média Produção Acumulada Total				57,25

Fonte: Autor (2019).

Então, o valor obtido para a produção média total de RCMG foi de 57,25 m². Assim feito, calculou-se então o volume total produzido, com o valor da espessura da chapa de 0,02 m, conforme a Equação 03:

$$\text{Volume total produzido} = 57,25 \text{ m}^2 \times 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Volume total produzido} = 1,145 \text{ m}^3$$

Conforme os estudos de Santos, Nahime e Soares (2019), a massa específica do RCMG é de 2540 kg/m³. Logo Calculou-se a massa líquida total produzida (M_{LTP}) conforme a Eq. 04:

$$M_{LTP} = 1,145 \text{ m}^3 \times 2540 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$M_{LTP} = 2908,3 \text{ kg}$$

Por fim, para determinação do percentual residuário foi seguida a seguinte Eq. 05:

$$\%Res = \frac{285,15}{2908,3} \times 100$$

$$\%Res = 9,805 \%$$

$$\%Res \approx 10 \%$$

Portanto, o percentual residuário de RCMG é de aproximadamente 10% do que é produzido pelas indústrias de beneficiamento de mármore e granitos. Comparando-se esse valor aos valores percentuais determinados por Rosato (2013), de 30%, os de Oliveira (2009) de 25% do total consumido e os valores dados por Goiás (2007), que tratou do percentual de percas nas marmorarias do Estado de Goiás, na qual foi em sua grande maioria na faixa de 10 a 20% (Figura 12), verificou-se que o valor está de acordo apenas com a faixa estabelecida por Goiás (2007) e que os valores dados pelos outros autores, citam a lama, ou o pó gerados nesses e em outros processos para a composição da porcentagem. Neste resultado obtido, o RCMG foi representado em sua parte grosseira, como sendo apenas os resíduos de cacos, filetes e retalhos, recolhidos durante os processos de corte bruto e líquido da marmoraria. É provável que os valores dados pelos autores incluam também toda lama gerada no corte, além de outras peças inutilizáveis que ficam no pátio da indústria. É provável também que a variabilidade do percentual desses resíduos se justifique pelo tipo de peça fabricada, sendo ainda influenciado pelo seu fluxo de comercialização quer ele seja alto ou baixo durante um período de tempo. As peças com maior percentual residuário, que chegam a 30 %, aumentariam a geração residuária se fabricados com maior fluxo em um período de tempo, e consequentemente, aumentariam o percentual residuário do total.

Portanto, foi sugerida uma nova subclasse para o RCMG, afim de definir os tipos de resíduos gerados e fornecer uma maior precisão no estudo realizado dado pelos Retalhos Residuários de Marmoraria (RRM), conforme apresentado na Figura 54.

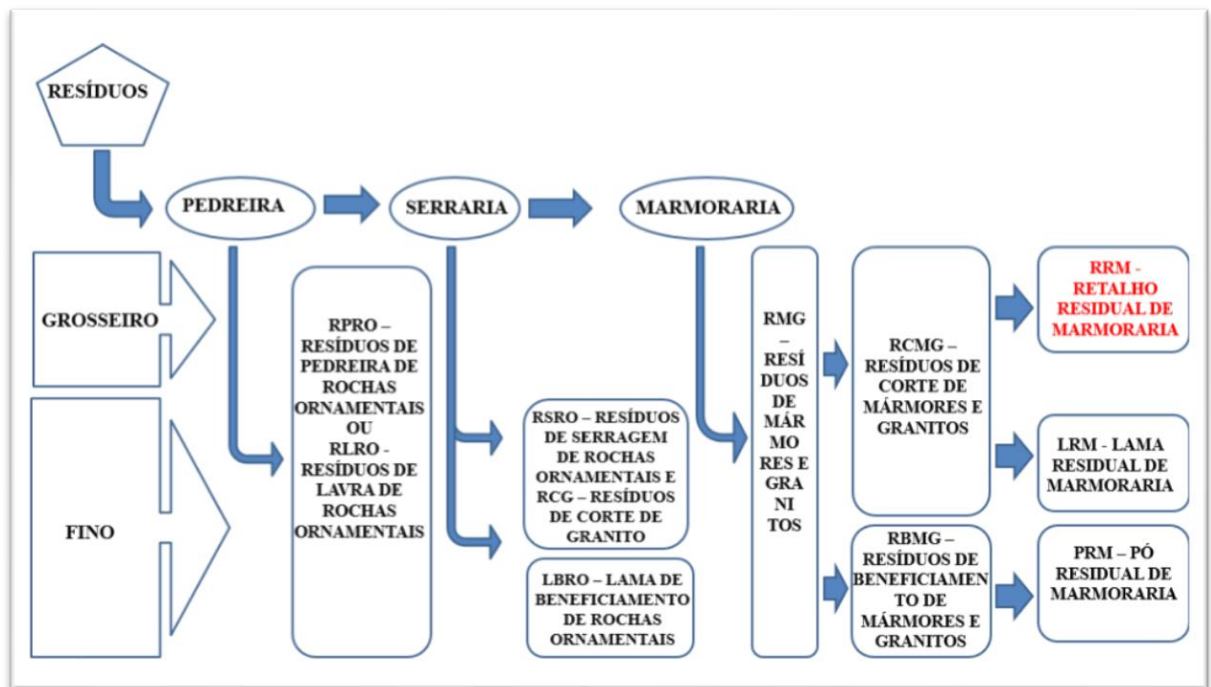


Figura 54 – Organograma das classes de resíduos conforme as etapas produtivas.

Fonte: Autor (2019).

5 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada permitiu uma percepção mais detalhada sobre as origens dos resíduos de marmoraria, dando ênfase ao RCMG que foi composto tanto pela lama, quanto por retalhos, cacos e filetes ao longo dos processos de corte, montagem e colagem, e a maior parte da geração desses resíduos se deu na etapa de corte líquido das peças, onde foram gerados os retalhos residuário de marmoraria (RRM), no qual seu percentual residuário é de 10 % do total produzido para as marmorarias de Rio Verde/GO. Também pode-se constatar que, quanto mais detalhada ou curvada for a peça a ser produzida, maior será a quantidade de resíduos gerados, conforme foi apresentado nos resultados do corte do balcão. Constatou-se ainda que se tem uma grande deficiência de automação no processo produtivo das marmorarias do município de Rio Verde, assim como afirmado por Goiás (2007).

Portanto, o estudo realizado do processo produtivo das marmorarias e percentual encontrado no experimento poderá representar uma boa significância na análise dos pontos onde se tem as maiores perdas da produção dos produtos nas marmorarias para automatiza-los e também poderá ser importante no estudo dos resíduos gerados nos processos de corte nas marmorarias como o RCMG, aprimorando os estudos que trabalhem apenas com os retalhos com a utilização do RRM, pois esta exclui-se de toda a lama e pó gerados nestas e em outras etapas produtivas, dando uma maior percepção da realidade da geração e caracterização destes. Para trabalhos futuros sugere-se estudar novos meios de utilização desses resíduos nos materiais de construção civil, e estudar a geração de outros resíduos como os resíduos do beneficiamento de mármore e granitos (RBMG) e a lama residuária de marmoraria (LRM), para comparação dos valores percentuais.

6 REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. **Balço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2016**. Brasília-DF: [s.n.], 2016.

ALIABDO, Ali A.; ELMOATY, Abd. ELMOATY M. Abd; AUDA, Esraa M. **Reuse of waste marble dust in the production of cement and concrete**. Construction and Building Materials, v.50, p. 28–41, 2014.

ALMEIDA, N.; BRANCO, F.; BRITO, J. de; SANTOS, J. R. **High-performance concrete with recycled stone slurry**. Cement and Concrete Research, p. 210–220, v.37, 2007.

ALYAMAÇ, K.E.; TUĞRUL, E. **A Durable, Eco-Friendly and Aesthetic Concrete Work: Marble Concrete**. 11th International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2014), 50, 21-25 October 2014, İstanbul, Turkey.

ASTM-American Society for Testing and Materials. **Standard terminology relating to dimension stone**. C119/01, 2011.

BASTOS, R. S.; ULIANA, J. G.; CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; VIEIRA, G. L.; DEGEN M. K. **Revisão bibliográfica dos estudos sobre a aplicação da lama do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de materiais de construção**. Anais Do 55º Congresso Brasileiro Do Concreto, Vitória - ES, v.55, 16p. Out, 2013.

BERNARDI, V. F.; SILVA FILHO A. B. da. **Avaliação Da Sustentabilidade Na Gestão De Cacos E Casqueiros Do Beneficiamento De Mármore E Granito**. Revista Científica Instelletto, v. 2, n.1, ISSN 2525 – 9075, Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil, 2017, p. 60 – 79.

BORBA, K. C. A.. et al. **Análise ambiental e de maquinário de marmorarias no município de Palmas - TO**. Curso De Graduação em Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal - SP, v. 11, n. 1, p. 03-15, jul /ago. 2013.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

CHIODI FILHO, C. **O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais**. ABIROCHAS – Associação Brasileira de Rochas Ornamentais, Edifício Assis Chateaubriand – SRTV SUL – Quadra 701, Brasília – DF, Jul. 2018, 34p.

CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. **O Setor de Rochas Ornamentais no Brasil**. In: Vidal, F.V.; Azevedo, H.C.A.; Castro, N. F. **Tecnologia De Rochas Ornamentais: Pesquisa,**

Lavra E Beneficiamento. CETEM/MCTI. ISBN: 987-85– 8261-005-3. Rio de Janeiro – RJ, 2014. p. 493 – 526.

COELHO, A. A. M.; VIDAL, F. W. H.; **Métodos e tecnologia de lavra para melhoria da qualidade e produtividade dos blocos de granito no Ceará.** In: IV SRONE 2003 – Fortaleza – CE, Brasil, 2003, p. 180-188.

COSTA FILHO, J. A. **Etapas para beneficiamento do granito na indústria.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016, 39p.

COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S.; MACIEL S. L.; CALIXTO C.; BECERRA, J. E. **Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica.** In: VIDAL, F. W. H., III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, nov, 2002. p55-59.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. Curso de estatística. São Paulo: Atlas, 2012.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva das Rochas Ornamentais do Estado de Goiás.** Por Márcio Rivetti, Marco Antônio Pires Paixão, Pérsio Mandetta. Goiânia, 2007. 142p.: il. (Série Geologia e Mineração, n.5).

LIDER. **Mármore e Granitos.** Produtos e Serviços de instalação Civil e Elétrica Ltda. São Paulo, SP, Dezembro, 2014, 6p. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/lider/lider_marmores_e_granitos.pdf Acesso em: 26 de Dezembro de 2019.

LOPES, J. L. **Estudo do Potencial de Utilização do Resíduo de Beneficiamento de Mármore e Granito (RBMG), como Fíler, na Produção de Concretos.** Goiânia: Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente da UFG, 2006.

MAURO G. C. **Estudo Do Processo Produtivo Dos Granitos No Estado Do Espírito Santo Objetivando A Aplicação Destes Na Construção Civil.** Monografia, ESCOLA DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG), Belo Horizonte – MG, 2011, 55p.

MONTANI, C. **XXVIII Rapporto Marmo e Pietre nel Mondo 2017.** Aldus Casa di Edizioni in Carrara, Verona - Itália, 2017, 132p.

MOURA W. A.; LEITE M. B. **Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação** In: REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(2), abr./jun., 2011 p.147-154.

MOUSINHO, M. et al. **Utilização de resíduo de corte de mármore e granito como substituto parcial do cimento e agregado miúdo na confecção de blocos para piso intertravados.** Anais Do 60º Congresso Brasileiro Do Concreto, Foz do Iguaçu - RS, v.60, 16p. Set, 2018.

MOZER, T.M.; MACHADO, J.A. **A Indústria De Rochas Ornamentais No Espírito Santo.** IDEIES – Instituto de Desenvolvimento Educacional e Industrial do Espírito Santo. Fator Econômico Capixaba, ES, Ano 3, Número 18, Fev, 2018, 4p.

SANTOS L. S.; NAHIME, B. O.; SILVA L. A. **Determinação da quantidade de marmorarias e da geração média mensal dos Resíduos de Corte de Mármore e Granitos (RCMG) no Município de Rio Verde.** In: Anais do I INTEGRA do IF Goiano, 2019 out 01-04, Ceres, Brasil (GO), Journal of Human Growth and Development, 2019, p. 1320-1322.

OLIVEIRA, C. N. **Aplicação de Resíduos Oriundos do Corte de Rochas Ornamentais na Produção de Cosméticos.** In: XVII Jornada de Iniciação Científica, CETEM/MCT, Rio de Janeiro – RJ, 2009, p. 123-129.

OLIVEIRA, L. S. **Reaproveitamento de resíduos de marmoraria em compósitos cimentícios.** (Dissertação) Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), São João Del-Rei, 2015, 102p.

REGADAS, I. C. M. C. **Aspectos relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais Com Fio Diamantado no Norte do Estado do Espírito Santo.** Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2006, 130p.

ROSATO, C. S. O. **Um Estudo Quantitativo E Estratégico Sobre Reaproveitamento E Reciclagem De Resíduos De Rochas Ornamentais.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal Da Bahia - Instituto De Geociências Curso De Pós-Graduação Em Geologia, Salvador – BA, 2013, 149p.

SANTANA, O. J.; SOUZA, J. C. **Utilização De Tramas Para O Projeto De Painéis, Pisos E Fachadas Com Sobras De Mármore E Granitos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 3, 2007, Natal. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 270-276.

SANTOS, L. S.; NAHIME, B. O.; SOARES, I. S. **Análise comparativa das características físicas do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) com a granilha.** Anais do 8º CPPG e 9º SEMAPÓS, Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde, Rio Verde -GO, 2019, p. 265.

SOUZA, A.R.; BRANCO, L. A. M. N. **Argamassa e concreto com resíduos de mármore e granitos.** Anais Do 59º Congresso Brasileiro Do Concreto, Santo Gonçalves - RS, v.59, 14p. Out-Nov, 2017.