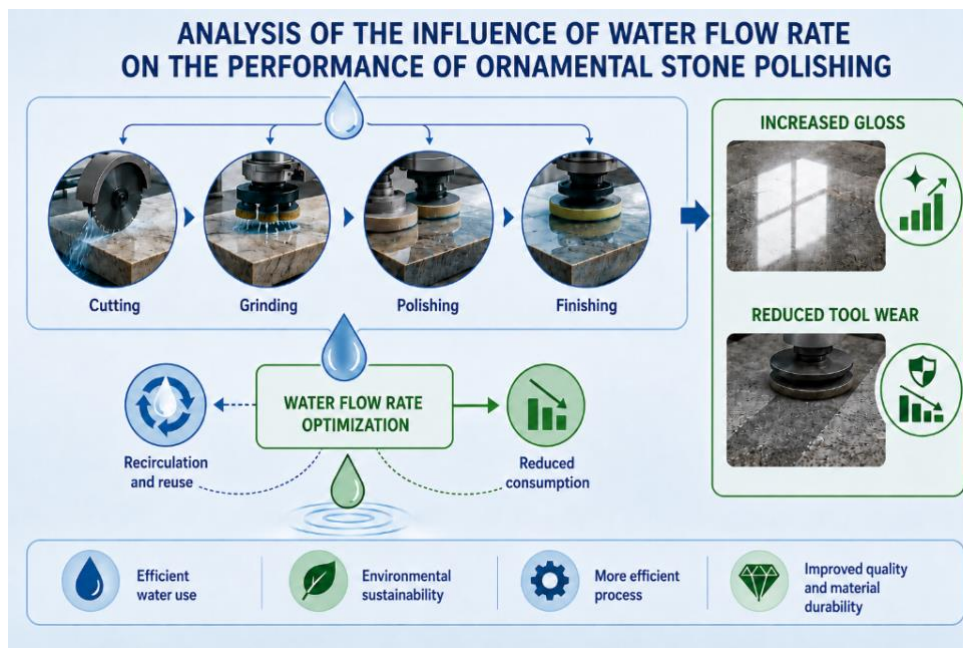


GRAPHICAL ABSTRACT



ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VAZÃO DE ÁGUA NO DESEMPENHO DO POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WATER FLOW RATE ON THE PERFORMANCE OF ORNAMENTAL STONE POLISHING

Evanizis Dias Frizzera Castilho ¹ , Lahís Menon de Almeida ¹ , Thálita Brandão Mauricio ¹ , Tcharllis João da Cunha Demartini ¹ , Caio Barboza Louzada ¹ e Murilo Paulino Agrizzi ¹

¹ Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro, Rodovia ES 482, Fazenda Morro Grande, Cachoeiro de Itapemirim - ES, 29311-970, Brasil.

* evanizis@ifes.edu.br

Artigo submetido em 19/05/2026, aceito em 08/07/2026 e publicado em 04/09/2026.

ORCID – Evanizis Dias Frizzera Castilho: <https://orcid.org/0000-0002-4435-6987>
ORCID – Lahís Menon de Almeida: <https://orcid.org/0009-0003-0703-6196>
ORCID – Thálita Brandão Mauricio: <https://orcid.org/0009-0007-9181-696X>
ORCID – Tcharllis João da Cunha Demartini: <https://orcid.org/0000-0002-6998-5624>
ORCID – Caio Barboza Louzada: <https://orcid.org/0009-0001-0483-215X>
ORCID – João D. de Almeida: <https://orcid.org/0009-0002-9311-3372>

Resumo: O polimento de rochas ornamentais é uma etapa fundamental do beneficiamento, responsável por conferir brilho, regularidade superficial e valorização estética ao material. Esse processo utiliza grandes volumes de água para resfriamento, lubrificação e remoção de resíduos abrasivos, tornando importante a busca por alternativas que reduzam o consumo hídrico sem comprometer a qualidade do produto. Neste contexto, este trabalho avaliou a influência de diferentes vazões de água no polimento da rocha ornamental comercialmente denominada Verde Ubatuba, analisando seus efeitos sobre o brilho superficial e o desgaste dos abrasivos. O polimento foi realizado em uma chapa dividida em três seções, submetidas às vazões de 15, 20 e 30 L/min, sendo esta última utilizada como referência por representar a condição mais empregada pela indústria. O processo foi realizado em uma politriz automática de bancada equipada com um cabeçote contendo seis abrasivos. O brilho superficial foi medido em uma malha previamente definida, enquanto o desgaste dos abrasivos foi avaliado por perda de massa. Os resultados indicaram que as menores vazões produziram valores de brilho semelhantes aos da condição de referência, com variação máxima de aproximadamente 4%. O levigamento apresentou o maior desgaste dos abrasivos, e a redução da vazão para 15–20 L/min proporcionou economia de 1.320 a 1.980 litros de água por chapa. Como limitações, o estudo foi conduzido com apenas uma litologia, sem aplicação de testes estatísticos inferenciais, restringindo a generalização dos resultados para outras rochas e condições operacionais.

Palavras-chave: Polimento de rocha ornamental; Vazão de água; Abrasivos.

Abstract: Polishing ornamental stone is a crucial step in the processing stage, responsible for imparting gloss, surface uniformity, and aesthetic value to the material. This process consumes large volumes of water for cooling, lubrication, and the removal of abrasive residue, making it important to seek alternatives that reduce water consumption without compromising product quality. In this context, this study evaluated the influence of different water flow rates on the polishing of the ornamental stone commercially known as "Verde Ubatuba," analyzing their effects on surface gloss and abrasive wear. Polishing was performed on a slab divided into three sections subjected to flow rates of 15, 20, and 30 L/min; the latter served as the reference, representing the condition most commonly used in the industry. The process was carried out using an automatic benchtop polishing machine equipped with a head holding six abrasives. Surface gloss was measured across a predefined grid, while abrasive wear was assessed based on mass loss. The results indicated that the lower flow rates produced gloss values similar to those of the reference condition, with a maximum variation of approximately 4%. The grinding stage resulted in the highest abrasive wear, and reducing the flow rate to 15–20 L/min yielded savings of 1,320 to 1,980 liters of water per slab. Study limitations included the use of a single lithology and the absence of inferential statistical tests, which restricts the generalizability of the results to other stone types and operating conditions.

Keywords: Ornamental stone polishing; Water flow; Abrasives.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor de rochas ornamentais produz tanto para o mercado interno quanto externo rochas brutas e processadas. Este último tem apresentado crescimento significativo. Somente no ano de 2024, cerca de 5,56 Mt de rochas foram processadas (Abirochas, 2025). Rochas beneficiadas desempenham um papel relevante na cadeia produtiva da construção civil, destacando-se pela elevada demanda por materiais de acabamento com qualidade estética e desempenho técnico (Vidal *et al.*, 2013; Sant'ana e Castilho, 2023). Entre as etapas de beneficiamento, o polimento representa uma fase crucial, pois é responsável por conferir brilho, regularidade superficial e realçar as características mineralógicas das rochas (Almeida, 2019). Tradicionalmente, esse processo exige o uso intensivo de água, empregada tanto como agente refrigerante quanto como meio de remoção de resíduos abrasivos (Altoé e Silveira, 2020).

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a sustentabilidade hídrica e a necessidade de otimizar recursos no setor industrial têm impulsionado pesquisas voltadas à redução do consumo de água nos processos de beneficiamento. No caso específico do polimento de rochas ornamentais, o volume de água empregado pode influenciar diretamente a eficiência abrasiva, a dissipação térmica, a velocidade de desgaste das ferramentas, além da qualidade final da superfície polida (Altoé e Silveira, 2020).

2 OBJETIVOS

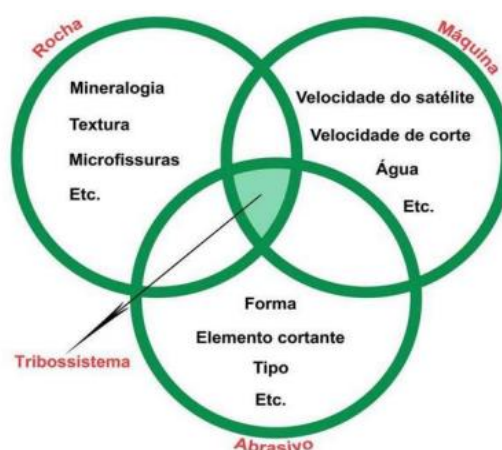
Avaliar a influência da vazão de água no polimento da rocha ornamental comercialmente denominada Verde Ubatuba, classificada petrograficamente como hiperstênio hornoblenda biotita quartzo monzonito, verificando seus efeitos na qualidade superficial, na perda de massa do abrasivo e na eficiência do processo,

visando à otimização operacional e à redução do consumo hídrico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Silveira e Bolonini (2016), destacam que as interações entre as fases minerais e as características texturais e estruturais da rocha com as propriedades do abrasivo (dureza, forma e tamanho), juntamente com as variáveis operacionais da máquina de polimento (tensão de carregamento, velocidade de avanço, vazão de água e tempo) configuram um sistema denominado tribossistema, que nada mais é, que a interseção desses elementos (Figura 1).

Figura 1: Tribossistema encontrado no polimento de rochas ornamentais.



Fonte: Altoé e Silveira (2014).

Silveira (2007), afirma que o polimento é uma etapa fundamental no beneficiamento de rochas ornamentais, responsável por fechar os poros do material, alcançar o brilho característico, regularidade superficial e realçar a coloração e a textura mineralógica do material. O processo envolve a remoção progressiva de irregularidades superficiais por meio da ação de abrasivos, normalmente compostas por segmentos metálico-diamantados ou resinóides. A eficiência desse processo depende da interação entre três elementos centrais: a rocha (material a ser polido), o abrasivo (ferramenta) e o fluido utilizado.

O polimento de rochas ornamentais é uma etapa denominada de beneficiamento secundário ou final, tendo como objetivos principais intensificar o brilho, reduzir a porosidade e realçar a cor e o aspecto estético das chapas (Maior *et al.*, 2023)

Durante o polimento, a superfície da rocha é submetida a um conjunto de fenômenos mecânicos, incluindo microcorte, microfratura e deformação plástica localizada. Esses fenômenos são intensamente influenciados pela granulometria dos abrasivos e pelas propriedades mineralógicas da rocha, como dureza, anisotropia, resistência ao desgaste e textura mineral (Almeida, 2019).

Segundo Altoé e Silveira (2020), a água atua como um “fluido lubrificante”, reduzindo o coeficiente de atrito entre o abrasivo e a rocha. Essa lubrificação controla a intensidade da ação abrasiva, prevenindo desgastes excessivos e estabilizando o contato entre as superfícies. Dessa forma, o aspecto físico final da superfície da rocha depende da combinação entre granulometria do abrasivo, força aplicada, velocidade de avanço e volume de água.

Altoé e Silveira (2020), destaca que a ausência ou insuficiência de água pode resultar em aumento da temperatura, perda de eficiência abrasiva, desgastes prematuros dos abrasivos e do material, evidenciando irregularidades superficiais e redução do brilho final. Por outro lado, volumes excessivos podem minimizar a ação mecânica efetiva do abrasivo, resultando em taxas menores de remoção do material, diminuição da produtividade e um acabamento inconsistente.

A Agência Nacional das Águas (ANA, 2017) apresenta que o consumo de água no setor de rochas ornamentais é consideravelmente elevado devido à necessidade de resfriamento, lubrificação, transporte de resíduos e das variáveis que influenciam o consumo (abrasivos x material). Dito isso, a origem da água utilizada é predominantemente por meio de

captação de águas subterrâneas (poços artesianos) e como gestão de consumo é realizado o tratamento da água por meio de sistemas de recirculação, tratamento de efluentes (ETEs), evitando a contaminação de águas subterrâneas e superficiais gerando uma eficiência hídrica.

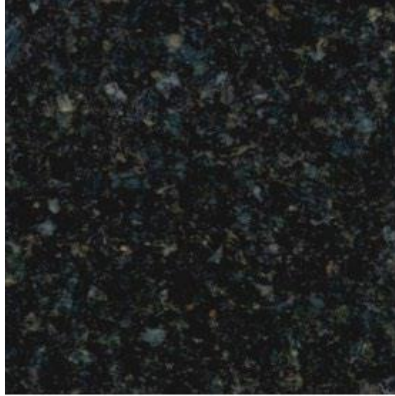
Para consolidar esta busca por eficiência no uso de insumos, como a água, alinha-se à necessidade de inovação tecnológica no setor, que visa não apenas o ganho de produtividade, mas também a consolidação do desenvolvimento regional através de processos mais sustentáveis (França, 2023).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Beneficiamento de Rochas Ornamentais do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), campus Cachoeiro de Itapemirim, utilizando uma politriz automática de bancadas. Para a realização deste estudo, foram avaliadas três vazões de água no processo de polimento de uma chapa de rocha ornamental: 15, 20 e 30 L/min. A vazão de 30 L/min corresponde à média normalmente empregada pela indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, sendo adotada como condição de referência para comparação com as demais vazões investigadas. A seleção das vazões de 15 e 20 L/min foi baseada no estudo de Altoé e Silveira (2020), que avaliaram o desempenho do polimento em diferentes materiais utilizando três condições distintas de vazão de água.

O material utilizado neste estudo foi uma rocha ornamental comercialmente denominada Verde Ubatuba (Figura 2). Essa rocha apresenta textura maciça, levemente orientada, granulação grossa, sendo composta predominantemente por plagioclásio andesina (30%), microclina micropertítica (30%), quartzo (15%), biotita (13%), hornblenda (7%) e ortopiroxênio (5%).

Figura 2: Rocha Verde Ubatuba



Fonte: Autor (2025).

Para a execução dos ensaios foi utilizada uma chapa bruta com dimensões de $3,03 \text{ m} \times 1,67 \text{ m}$, a qual foi dividida em três faixas iguais de $1,01 \text{ m} \times 1,67 \text{ m}$, correspondentes às diferentes condições de vazão avaliadas. Ainda no cavalete, os limites de cada área de polimento foram demarcados com giz de cera, material que apresentou resistência ao processo de polimento a úmido. A delimitação das áreas foi favorecida pela precisão do movimento do cabeçote da politriz, que não ultrapassou os limites estabelecidos. Essas marcações serviram como referência para a programação da máquina, indicando o início e o término do deslocamento do cabeçote em cada faixa de ensaio (Figura 3). Após essa etapa, a chapa foi transferida para a área de polimento.

Figura 3: Chapa a ser polida dividida em três seções para polimento.



Fonte: Autor (2025).

A politriz utilizada nos ensaios foi uma politriz automática de bancada, equipada com um cabeçote contendo seis abrasivos e operando com pressão controlada de 3 bar, conforme ilustrado na Figura 4.

Quanto às vazões de trabalho, estas foram definidas por método simples e manual. Para cada vazão, um aluno era posicionado abaixo da saída de água do cabeçote da politriz com um balde graduado. O segundo aluno ajustava a abertura da saída de água e cronometrava o tempo em que a água levava para alcançar 10 L. Com esse valor e o tempo, utilizava-se a Equação (1) para saber se por esse ajuste a vazão desejada tinha sido alcançada. Essa etapa era repetida até que se alcançasse um valor de vazão próximo ou igual ao desejado, expressa na unidade L/min.

$$Q = \frac{V \cdot 60}{t}, \quad (1)$$

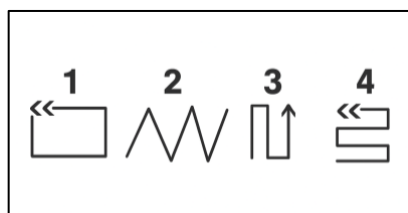
onde Q é a vazão calculada, V é o volume em litros do balde, já definido por 10 L, e t o tempo em segundos para que se alcance o volume definido. Por essa conta, a válvula de saída de água era ajustada manualmente até que se alcançasse a vazão objetivada. Feitos os ajustes iniciais, o polimento seguiu de forma automática sob programação que alternava entre os movimentos de contorno, zigue-zague, transversal e longitudinal (Figura 5). Essa sequência se repetiu ao longo de 4 minutos por abrasivo.

Figura 4: Politriz automática de bancadas



Fonte: Autor (2025).

Figura 5: Movimento de (1) contorno, (2) zigue-zague, (3) transversal e (4) longitudinal.



Fonte: Autor (2025).

Dois tipos de abrasivos foram utilizados, o primeiro foi o magnesiano com granulometrias iguais a: 24, 36, 60 e 150, e o segundo foi o resinoide com as seguintes granulometrias: 220, 400, 600, 800 e 1200 mesh. Com a redução da vazão de água, os abrasivos passam a ter maior contato com a superfície da chapa, dessa forma, além do brilho medido entra as seções da chapa, este trabalho também buscou analisar a perda de massa dos abrasivos conforme redução da vazão de água, a fim de relacionar o resultado final do produto acabado com o gasto de abrasivos e economia de água. Para isso, no início do polimento, e depois a cada ciclo, os abrasivos eram lavados, secos em estufa por 24 h e pesados. Por esses valores foi possível descobrir o desgaste por ciclo de polimento por vazão estipulada, conforme a equação (2) e, desta forma, os resultados foram obtidos em percentual de desgaste.

$$P_m = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

Sendo P_m o percentual de desgaste do abrasivo, m_0 a massa inicial do abrasivo e m_f a massa final após o ciclo de polimento. Os valores obtidos permitiram comparar o desgaste das ferramentas abrasivas sob as diferentes vazões de água avaliadas.

Cada abrasivo, Figura 6, passou apenas uma vez em cada seção da chapa, exceto o abrasivo de 24 mesh. Devido as marcas profundas do tear multilâminas na chapa e por este abrasivo proporcionar maior desgaste na superfície da rocha, ele

foi utilizado 3 vezes em cada seção. Dessa forma, o cálculo do desgaste do abrasivo de 24 mesh foi feito utilizando média aritmética.

Após a conclusão do polimento, foi delimitada uma área em cada seção da chapa para a realização das medições de brilho, utilizando um glossmeter (medidor de brilho), conforme apresentado na Figura 7. Dentro dos limites de cada seção, foi estabelecido uma malha de 6 x 7 pontos, com intuito de mensurar o brilho com uso do aparelho. A malha em questão consistiu em coletar 7 medidas ao longo da horizontal dentro da área definida. Essa etapa foi repetida 6 vezes em alturas diferentes, correspondendo a malha 6x7. Esses valores foram definidos com base nas dimensões (largura e altura) das áreas em questão.

Figura 6: Abrasivos utilizados.



Fonte: Autor (2025).

Figura 7: Mensuração do brilho com uso do equipamento *glossmeter*.



Fonte: Autor (2025).

Para calibração do equipamento, inicialmente verificou-se que o brilho da chapa estava em um intervalo entre 60 e 70, dessa forma, o ângulo de trabalho utilizado foi de 60° (Manual *Glossmeter*, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios do brilho conforme diferentes vazões de polimento, além do desvio e variância entre os resultados. Os valores médios do brilho para as vazões de 20 e 15 L/min obtiveram pouca variação quando comparado ao brilho da vazão de 30 L/min. Essa variação está apresentada pela última coluna da tabela que demonstra variações entre 1,91% e 4,00%. Além disso, de forma geral, ambos os polimentos mantiveram o brilho uniforme ao longo da área de medição, com valores de desvio padrão bem próximos.

Quanto ao desgaste, os resultados apresentados foram divididos em dois grupos: desgaste dos abrasivos após a etapa de levigamento, que possuem granulometria até 150 mesh, e desgaste dos abrasivos após o polimento, que possuem granulometria de 220 à 1200 mesh.

No primeiro grupo de abrasivos, o esperado era que quanto menor a vazão, maior seria o desgaste. Os resultados

gerados (Figura 7) mostraram que essa relação não é direta, na verdade, houve momentos em que a menor vazão proposta apresentou desgaste de abrasivos inferior a maior vazão proposta. Os abrasivos de 24 e 150 mesh são um exemplo. Quanto a vazão de 20 L/min, para o este mesmo grupo, somente o abrasivo de 150 mesh apresentou desgaste inferior à vazão de 30 L/min.

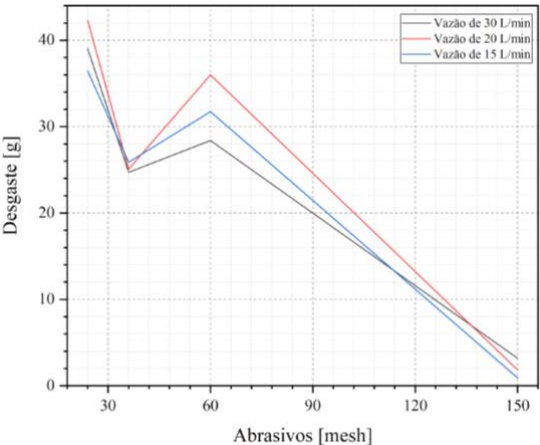
Tabela 1: Brilho após o polimento.

Vazões (L/min)	Média	Desvio Padrão	Variância	Brilho em relação à referência
30	67.63	4.68	21.94	-
20	64.93	4.69	21.98	- 4,00%
15	66.34	4.14	17.16	- 1,91%

Fonte: Autor (2025).

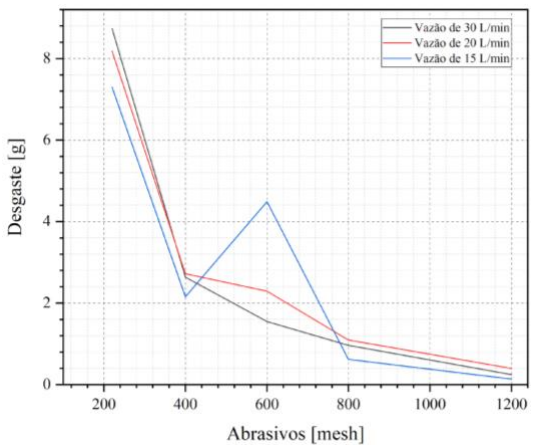
Quanto aos abrasivos do segundo grupo (após o a etapa de polimento), iniciado em 220 mesh, a vazão de 15 L/min apresentou desgaste inferior às demais vazões em todos os casos, exceto para o abrasivo de 600 mesh (Figura 8). Com relação a vazão de 20 L/min esta apresentou desgaste inferior à vazão de 30 L/min somente no abrasivo de 220 mesh.

Figura 7: Desgaste [g] x Abrasivos [mesh] após o levigamento.



Fonte: Autor (2025).

Figura 8: Desgaste [g] x Abrasivos [mesh] após o polimento.



Fonte: Autor (2025).

Apesar das oscilações dos desgastes, ao considerar o ciclo do polimento completo, foi constatado que o maior desgaste foi de apenas 10,44 g a mais que o desgaste gerado pelo polimento de referência. Além disso, foi observado também, que para ambos os casos, a etapa de maior desgaste de abrasivos é a etapa de levigamento, sendo esta responsável pela maior discrepância entre as vazões de 20 L/min e 30 L/min.

Tabela 2: Perda de massa dos abrasivos.

Desgaste [g]	Vazões (L/min)		
	30	20	15
Levigamento	95.34	105.23	95.02
Polimento	14.13	14.68	14.70
Total	109.47	119.91	109.72

Fonte: Autor (2025).

O maior desgaste observado durante a etapa de levigamento é coerente com a função desempenhada pelos abrasivos de menor granulometria (24 a 150 mesh), responsáveis pela remoção das irregularidades deixadas pelo desdobramento da chapa. Nessa fase ocorre maior remoção de material e maior solicitação mecânica dos abrasivos, o que favorece o aumento do desgaste. Nas etapas subsequentes de polimento, os abrasivos atuam predominantemente no refinamento da superfície, removendo quantidades progressivamente menores de material, o que explica a menor perda de massa observada.

Os resultados indicam que, na faixa de vazões investigada (15 a 30 L/min), a redução da vazão de água não exerceu influência direta sobre o desgaste dos

abrasivos. Esse comportamento sugere que a quantidade de água disponível foi suficiente para garantir a lubrificação e a remoção dos resíduos gerados durante o polimento. Dessa forma, o desgaste dos abrasivos parece estar mais relacionado às características da interação entre abrasivo e rocha, à granulometria dos abrasivos e à quantidade de material removido em cada etapa do processo do que propriamente ao aumento da vazão de água.

Cada seção levou em média 4 minutos para que o cabeçote da politriz finalizasse seu ciclo por abrasivo. Dessa forma, uma chapa comercial com medidas de 3,03 m x 1,67 m, leva cerca de 12 minutos para concluir o ciclo do abrasivo (3 vezes mais que o tempo levado pela seção, pois esta representa 1/3 da chapa completa). Para este estudo nove abrasivos foram utilizados, com 1 ciclo cada para os abrasivos de 36 mesh em diante e 3 ciclos para o abrasivo de 24 mesh. Esses números contabilizam cerca de 11 ciclos. Considerando apenas os ciclos sem incluir a etapa de troca dos abrasivos, com uma vazão de 20 L/min, em 12 minutos, um ciclo gasta cerca de 240 L. Multiplicando esse valor por 11 ciclos (valor estipulado para uma chapa inteira), em média o polimento para esta vazão gastará cerca de 2.640 L. Enquanto para uma vazão de 15 L/min este gasto pode chegar a 1.980 L. Quando comparado ao gasto com vazão de 30 L/min (3.960 L), a economia de água pode representar de 33,37% a 50%.

Para empresas que utilizam água fornecida por concessionárias, essa redução pode gerar economia financeira relevante. Já para aquelas que utilizam água subterrânea por bombeamento, o menor volume necessário pode permitir a utilização de bombas de menor potência

(reduzindo custos de aquisição e operação) além de, dependendo do porte da empresa, enquadrar o consumo hídrico como insignificante, minimizando exigências legais relacionadas à outorga e regularização de poços.

Qualitativamente, não foram observadas diferenças visuais entre as seções quanto ao brilho superficial, resultado compatível com os valores obtidos por meio das medições com o glossmeter.

Além disso, os desgastes apresentados não foram significativos, considerando que os resultados de brilho foram semelhantes entre as vazões avaliadas, aliados à economia de até 50% no consumo de água. Uma possível explicação é que a eficiência da água como agente lubrificante no sistema tribológico rocha-abrasivo é corroborada por estudos recentes de dinâmica molecular. Conforme demonstrado por Bhamra *et al.* (2024), em contatos entre diamante e granito, a água apresenta um desempenho de fricção significativamente menor quando comparada a outros fluidos e até ao ar, devido à sua capacidade de reduzir as forças de adesão na interface de contato. Esse fenômeno explica por que a manutenção de uma película hídrica constante, mesmo em vazões reduzidas, é vital para a integridade dos diamantes industriais contidos nos abrasivos.

Outro aspecto observado durante o beneficiamento é que nem todas as empresas interrompem o fluxo de água durante a troca dos abrasivos, o que também contribui para gastos excessivos. Esse parâmetro merece atenção em estudos futuros, pois pode representar uma fonte adicional de economia sem impacto negativo no processo.

Os resultados obtidos corroboram os apresentados por Altoé e Silveira (2020), que também observaram manutenção do brilho superficial sob redução da vazão de água, indicando que existe uma faixa operacional em que a diminuição do

consumo hídrico não compromete a qualidade do acabamento.

Embora os resultados tenham sido promissores, o estudo foi realizado utilizando apenas a litologia Verde Ubatuba e sem aplicação de testes estatísticos inferenciais. Dessa forma, recomenda-se cautela na extrapolação dos resultados para outras rochas ornamentais.

6 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a redução da vazão de água de 30 para 15 L/min não comprometeu a qualidade superficial da rocha Verde Ubatuba, produzindo valores de brilho semelhantes aos obtidos na condição de referência.

A redução da vazão permitiu uma economia de até 50% no consumo de água, sem aumento expressivo do desgaste total dos abrasivos, indicando que as menores vazões avaliadas foram suficientes para manter a eficiência do processo de polimento.

Assim, para as condições experimentais investigadas, a redução da vazão mostra-se uma alternativa tecnicamente viável para diminuir o consumo hídrico no beneficiamento de rochas ornamentais, contribuindo para o aumento da eficiência hídrica e da sustentabilidade do beneficiamento de rochas ornamentais.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos envolvendo diferentes litologias, condições operacionais e análises estatísticas inferenciais, de modo a ampliar a aplicabilidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Além disso, investigações futuras devem avaliar não apenas os efeitos da redução do volume de água sobre o processo de polimento, mas também seus impactos indiretos ao longo do ciclo de beneficiamento, incluindo o consumo de floculantes e coagulantes no sistema de recirculação da água, o tempo de decantação e o desempenho do filtro-

prensa. A análise desses fatores poderá ampliar o potencial de economia hídrica, eficiência operacional e sustentabilidade no setor de rochas ornamentais.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. **O setor Brasileiro de rochas ornamentais e de revestimento em números - 2025**. 1. ed. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2025.

ALMEIDA, P. F. de. Análise tribológica do sistema de polimento com abrasivos à base de resina de mamona para acabamento superficial de rochas ornamentais. 152 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

ALTOÉ, C. R.; SILVEIRA, L. L. L. Influência do volume de água utilizado no processo de polimentos de rochas ornamentais na qualidade do brilho final. **Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 875-884, 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 2017. 37 p.

BHAMRA, J. S.; EVERHARD, E. M.; BOMIDI, J. A. R.; DINI, D.; EWEN, J. P. Comparing the Tribological Performance of Water-Based and Oil-Based Drilling Fluids in Diamond-Rock Contacts. **Tribology Letters**, S.I.S.I., v. 72, n. 19, p. 1-15, 2024. DOI 10.1007/s11249-023-01818-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11249-023-01818-0>. Acesso em: 25 fev. 2026.

FRANÇA, E. Inovação tecnológica e desenvolvimento regional no setor de rochas ornamentais: A Indicação Geográfica do Granito do Noroeste

Capixaba. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 2, p. 01-21, 2023. DOI: 10.36524/ric.v9i2.1960.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Perspectivas e avanços da gestão de recursos hídricos na mineração**. 2024. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/04/ANA_Perspectivas-e-Avancos-da-Gestao-de-Recursos-Hidricos-na-Mineracao_vf2_web-1.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

MAIOR, Gleicon Roberto de Sousa; ZAGÔTO, Juliano Tessinari; PIZETTA, Marciel Zucoloto; PIRES, Arthur Pereira. Otimização do polimento de chapas de rochas ornamentais com uso de programação linear. **Tecnol. Metal. Mater. Min.**, v. 20, e2690, 2023.

SANT'ANA, M. A. K.; CASTILHO, E. D. F. Estudo comparativo de caracterização tecnológica de rocha ornamental silicática telada com diferentes gramaturas. **Revista Ifes Ciência**, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 01-11, 2023. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/1879>. Acesso em: 25 fev. 2026.

SILVEIRA, L. L. L. **Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo**. 2007. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SILVEIRA, L. L. L.; BOLONINI, T. M. **Polimento de rochas ornamentais, aspectos tribológicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016. 53 p.

VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: Pesquisa, Mineração e Beneficiamento**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCTI, 2013.