



Análise química do mármore Matarazzo de Arroio Grande (RS) visando aproveitamento na indústria de ração animal

Chemical analysis of Matarazzo marble from Arroio Grande (RS) for use in the animal feed industry

Emanuélle Soares Cardozo¹

 <https://orcid.org/0000-0003-3142-7560>  <http://lattes.cnpq.br/4412031535613532>

Viter Magalhães Pinto²

 <https://orcid.org/0000-0002-9831-1987>  <http://lattes.cnpq.br/2659542280394218>

Maele Costa dos Santos³

 <https://orcid.org/0000-0003-2038-9861>  <http://lattes.cnpq.br/6328026326213080>

Jones Bittencourt Machado⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-2801-4258>  <http://lattes.cnpq.br/7285696532382677>

Willian Cézar Nadaleti⁵

 <https://orcid.org/0000-0002-4727-4127>  <http://lattes.cnpq.br/4670559561277136>

Suyane Gonçalves de Campos⁶

 <https://orcid.org/0000-0001-6323-8751>  <http://lattes.cnpq.br/6759400295515141>

¹ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS – Brasil. Email: emanuellesoarescardozo@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS – Brasil. Email: viter.pinto@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS – Brasil. Email: maeledossantoseq@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS – Brasil. Email: jones.bittencourt@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS – Brasil. Email: williancezarnadaletti@gmail.com

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS – Brasil. E-mail: suyanegc@gmail.com



RESUMO

Os mármore são rochas metamórficas carbonáticas, ricas em cálcio e magnésio que possuem diversas aplicações, como a produção de cimento, correção de pH do solo e nutrição animal. Neste contexto o presente estudo visa analisar a aplicação do mármore Matarazzo da pedreira Fazenda Brasileira, município de Arroio Grande, RS, para a indústria de ração animal. A metodologia empregada consistiu em estudo de campo dos controles geológicos e na realização de análises químicas em amostras de mármore puro e impuro pelo método de Espectrometria de Emissão com Plasma Acoplado Indutivamente. O teor de cálcio e magnésio das amostras foi aferido com parâmetros nacionais adotados para utilização em nutrição animal e comparados com dados das pedreiras Matarazzo, na mesma região de estudo, e Mônego, município de Vila Nova do Sul, RS. Os dados da pedreira Mônego foi utilizada tendo em vista que o material é comercializado para a finalidade deste estudo. Com base nos dados aferidos e na análise comparativa, verificou-se que o mármore Matarazzo puro é indicado para o aproveitamento na indústria de ração animal, mas é necessário um controle geológico e químico devido a porções heterogêneas do material da região estudada.

Palavras-chave: Cálcio; suinocultura; avicultura; magnésio.

ABSTRACT

The marbles are carbonate metamorphic rocks rich in calcium and magnesium with several applications, e.g. cement production, soil PH correction and animal nutrition. Therefore, the present study aims to analyze the application of Matarazzo marble from the Fazenda Brasileira quarry, Arroio Grande, RS, for the animal feed industry. The methodology consisted of a field study of geological controls and the carrying out of chemical analyses on samples of pure and impure marble from Fazenda Brasileira using the Emission spectroscopy with Inductively Coupled Plasma. The calcium and magnesium content of the samples was measured using national parameters adopted for animal nutrition and compared with data from the Matarazzo quarries, in the same study region, and Mônego, Vila Nova do Sul, RS. Data from the Mônego quarry was used considering that the material is marketed for the purpose of this study. Based on measured data and comparative analysis, pure Matarazzo marble is suitable for use in the animal feed industry, but geological and chemical control is necessary due to the heterogeneity of the material in the studied region.

Keywords: Calcium; pig farming; poultry farming; magnesium.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de aves e suínos do mundo e, conseqüentemente, da produção de rações balanceadas (Rostagno *et al.*, 2011). A região Sul é a maior produtora de carne suína e de frango de corte do país, além de ser responsável por uma parcela importante de gado de corte brasileiro (Guimarães *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2014). Em uma ração animal balanceada, o cálcio é o principal macronutriente mineral utilizado, pois desempenha função primordial na formação e manutenção óssea. Em rações para aves poedeiras o cálcio pode atingir níveis de 4% de inclusão, em decorrência da necessidade de formação da casca do ovo, dentre outras funções metabólicas (Velasco *et al.*, 2016). O uso de rações deficientes em cálcio pode ocasionar redução na produção de ovos e uma casca fina ou porosa.

Os óxidos de magnésio e cálcio são amplamente utilizados para a correção de acidez do solo, influenciando diretamente no processo digestivo de animais ruminantes (Marino e Medeiros, 2015; Fagundes, 2016; Oliveira *et al.*, 2006). Alguns elementos são essenciais para a existência da vida,



como cálcio, magnésio, fósforo, cloro, enxofre e sódio. Embora o magnésio possua boa disponibilidade, sua absorção ruminal é reduzida na presença de potássio e nitrogênio, podendo ocasionar problemas como hipomagnesemia em ruminantes com dietas à base de forragens frescas. Os animais ruminantes como bovinos, necessitam de elevados teores de cálcio em suas dietas diárias. Macronutrientes como cálcio, magnésio e fósforo, são fundamentais para a formação dos ossos, transmissão de impulsos nervosos, coagulação do sangue, contração dos músculos, digestão ruminal dos alimentos e síntese de enzimas (Roche e Satter, 2022).

Na suinocultura, estudos realizados em leitões de 21 a 35 dias, indicaram que rações com 0,75% de cálcio proporcionaram um aumento de 5% no ganho de peso dos animais (Souza *et al.*, 2015). A diminuição no desempenho do crescimento e doenças ósseas ou renais foram relatadas como resultado do excesso ou deficiência de cálcio em suínos, tendo em vista que é um dos minerais mais abundantes no corpo dos animais e desempenha papéis importantes em muitos processos fisiológicos (Gonzalez-Veja e Stein, 2014). A necessidade de cálcio por suínos é expressa no Ca total e a sua exigência, para suínos de 50 a 75 kg, é de aproximadamente 5,9g/kg (Merriman *et al.*, 2016).

Neste contexto, há uma crescente demanda por fontes naturais de cálcio para produção de rações animais. As fontes de cálcio podem ser de origem inorgânica (rochas) ou orgânica (farinha de ossos, conchas e algas). As fontes inorgânicas oriundas de rochas, como o calcário e o mármore, são as mais empregadas como insumos na alimentação animal, por apresentarem maior abundância e menor custo (Melo e Moura, 2009; Arruda *et al.*, 2015). O cálcio por exemplo, sendo utilizado como um suplemento mineral é proveniente da extração da rocha calcária ou mármore calcítico. Para esta finalidade a rocha rica em cálcio passa somente por um processo de moagem, não necessitando nenhum tratamento específico.

No Rio Grande do Sul (RS), conforme Duarte e Quadros (2018), ocorre predomínio de mármore e calcários dolomíticos, litologias ricas em magnésio. As principais ocorrências estão no município de Caçapava do Sul, zona central do estado. Os mármore e calcários calcíticos, afloram de forma restrita no RS. Na região de Candiota e Pinheiro Machado estão as minas da Votorantim e Cimbagé, nas quais os mármore calcíticos são explotados e comercializados para a indústria da construção civil, visando à fabricação de cimento. No município de Vila Nova do Sul há domínio de depósitos de mármore dolomíticos, mas na região Leste localiza-se um depósito de mármore calcítico que é parcialmente destinado à fabricação de ração animal. As pedreiras Matarazzo e Fazenda Brasileira, localizadas no município de Arroio Grande, destacam-se pela ocorrência dos principais depósitos de mármore calcíticos da região Sul do RS. O mármore explotado destas pedreiras é atualmente beneficiado sem separação entre o mármore puro e o impuro, pois destina-se à indústria agrícola, para a correção de acidez do solo. Entretanto, este já foi comercializado na fabricação de cimento por apresentar altos teores de cálcio.

Diante do exposto, o presente estudo visa avaliar a viabilidade da comercialização do mármore extraído das pedreiras Matarazzo e Fazenda Brasileira para a indústria de fabricação de ração animal. Com esta finalidade, realizou-se um controle geológico e análises químicas nas amostras de mármore coletadas na pedreira Fazenda Brasileira e traçou-se um comparativo com as análises químicas da

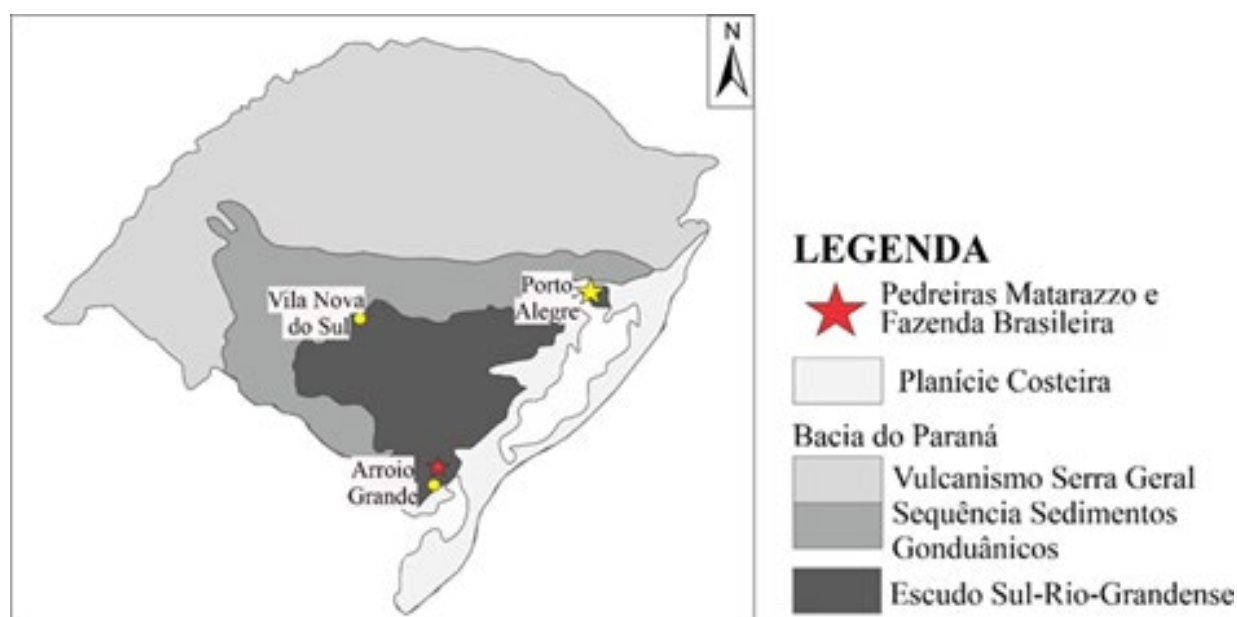


pedreira Matarazzo e com o mármore calcítico extraído em Vila Nova do Sul. Analisando se estes estão dentro dos parâmetros aceitáveis para a indústria de ração animal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No contexto geológico a região estudada está inserida no Cinturão Dom Feliciano (CDF), formado durante a orogenia Brasiliano-Pan Africana (Almeida *et al.*, 1981) por meio da colagem de domínios oceânicos e fragmentos continentais entre os crátons Rio de La Plata, Congo e Kalahari (Fernandes *et al.*, 1995; Silva, 1999; Frantz *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2005; Ramos e Koester, 2014). No estado do Rio Grande do Sul o CDF está inserido no Escudo Sul-Rio-Grandense (Figura 1) e engloba uma área de 65.000 km² (Philipp *et al.*, 2016).

Figura 1 – Mapa geológico simplificado do estado do Rio Grande do Sul destacando a área estudada, enfatizando os domínios geológicos e a localização das cidades de Porto Alegre, Arroio Grande e Vila Nova do Sul.



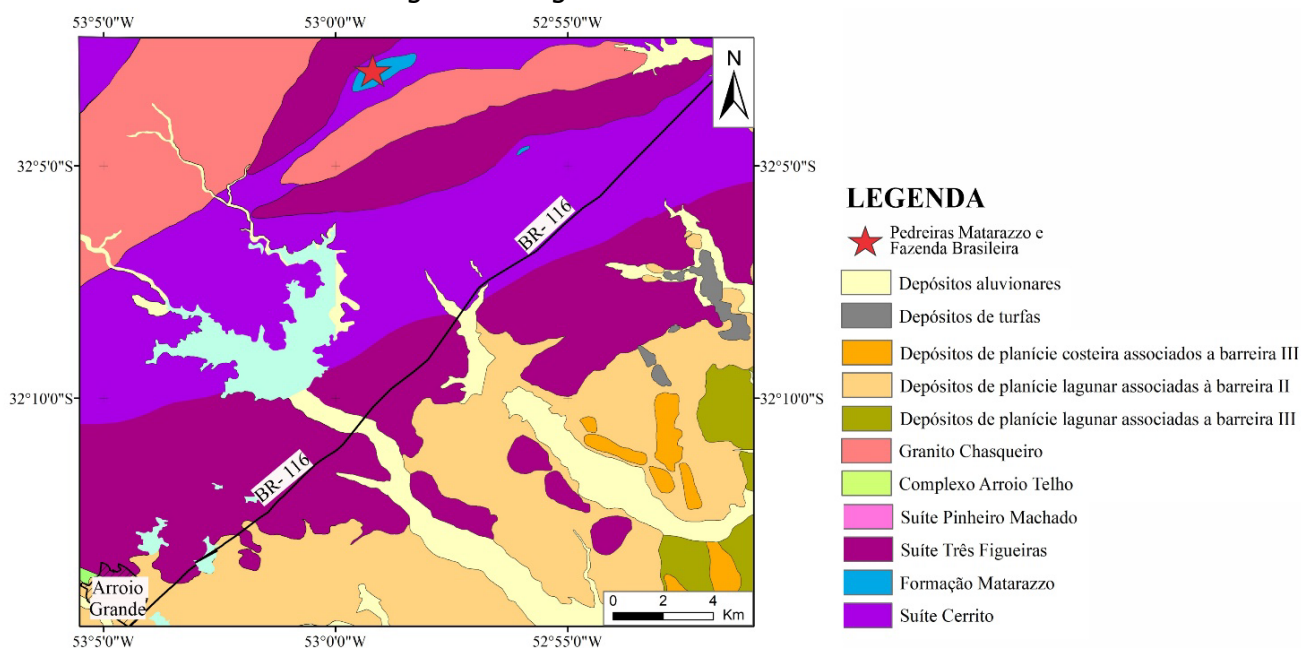
Fonte: Adaptado de Porcher e Lopes (2000).

O Escudo Sul-Rio-Grandense é constituído por cinco terrenos delimitados por grandes discontinuidades geofísicas, os terrenos Nico Pérez, São Gabriel, Tijucas, Pelotas e Punta del Este (Koester *et al.*, 2021). A Formação Matarazzo (Figura 2) alvo deste estudo, está inserida no Terreno Pelotas, extremo sul do estado do Rio Grande do Sul (Porcher *et al.*, 2021). Sendo composta por rochas metamórficas de baixo a alto grau, como os mármore Matarazzo, xistos, gnaisses e rochas metamáficas associadas a xenólitos. Os afloramentos da Formação Matarazzo ocorrem como corpos alongados de direção preferencial nordeste e ampla variedade dimensional, de 100-500 x 500-2500m. A suíte granítica Cerrito é a principal litologia encaixante desta formação e nas proximidades ocorrem ainda os granitos Chasqueiro e da suíte Três Figueiras (Philipp e Machado, 2002; Triboli *et al.*, 2016, Cruz, 2019a,b).



Mármore é o termo que designa os calcários que sofreram um processo de metamorfismo, com modificação no arranjo cristalino, composição mineral e/ou química. Considera-se calcário uma rocha sedimentar formada por mais de 50% de minerais carbonáticos, principalmente calcita e dolomita e a sua formação pode se dar através de precipitação química ou orgânica (Sampaio e Almeida, 2005; Fabris, 2015). No caso estudado, os mármore Matarazzo são considerados produtos do metamorfismo de uma rocha carbonática depositada em uma bacia sedimentar (Gerhar e Koester, 2015).

Figura 2 –Recorte das Cartas Geológicas folhas SI.22-V-A-III Matarazzo e SI.22-V-A-II Arroio Grande geradas originalmente na escala 1:100.000.



Fonte: Adaptado de Cruz (2019b).

De acordo com Neis (2017) o mármore da pedra Matarazzo apresenta coloração variando de branca a cinza, ocorrendo de forma bandada ou maciça. Estando associado a rochas máficas, principalmente, anfíbolitos em forma de lentes e enclaves. A mesma associação litológica observa-se na pedra Fazenda Brasileira. Gerhard e Koester (2014, 2015) identificaram quatro diferentes intrusões nos mármore Matarazzo: anfíbolitos, metadiabásios, biotita quartzo dioritos e diopsídio quartzo sienitos. O que resulta em um mármore impuro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Após um estudo de campo dos controles geológicos, foram realizadas detalhadas análises químicas quantitativas de elementos maiores do mármore puro e impuro da Fazenda Brasileira, enquanto os dados referentes à pedra Matarazzo foram extraídos da pesquisa de Neis (2017), e as informações sobre o mármore comercializado pela mineradora Mônego provêm de Goulart *et al.* (2013), ambos estudos analisando rigorosamente amostras de mármore puros. Para todas as análises, utilizou-se a técnica de ICP-OES (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado) no



laboratório Acme Analytical Laboratories Ltd., localizado em Vancouver, Canadá, garantindo precisão e reprodutibilidade nos resultados.

O método ICP-OES é utilizado para a determinação de elementos maiores, apresentando limite de detecção de 0,01%, o que permite identificar até pequenas concentrações de Ca e Mg. Nesse método, uma alíquota de 0,1 g da amostra é previamente transformada em vidro, mediante a mistura homogênea do fundente metaborato/tetraborato de lítio (50%/50%), garantindo completa fusão dos minerais presentes. Posteriormente, a pastilha vitrificada é dissolvida em digestão nítrica e cuidadosamente diluída para análise, assegurando a estabilidade e homogeneidade da solução. A perda ao fogo é obtida medindo-se a diferença de peso após a calcinação da amostra em forno a aproximadamente 1000°C por uma hora (Bione *et al.*, 2019), procedimento que permite avaliar a volatilização de componentes e alterações do estado de oxidação dos elementos presentes.

Para a obtenção da porcentagem de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) das amostras de mármore das pedreiras Matarazzo e Fazenda Brasileira em Arroio Grande e da Mônego em Vila Nova do Sul, aplicaram-se as Equações (01) e (02), respectivamente, que correlacionam a massa atômica dos elementos Ca (40,08 u) e Mg (24,30 u) com a massa molar do óxido de magnésio (MgO = 40,30 g/mol) e do óxido de cálcio (CaO = 56,08 g/mol), considerando a porcentagem de óxidos de Ca e Mg obtidos para cada análise, permitindo calcular com precisão a composição elementar das amostras.

$$Ca (\%) = \frac{(CaO (\%) \times 40,08)}{56,08} \quad (1)$$

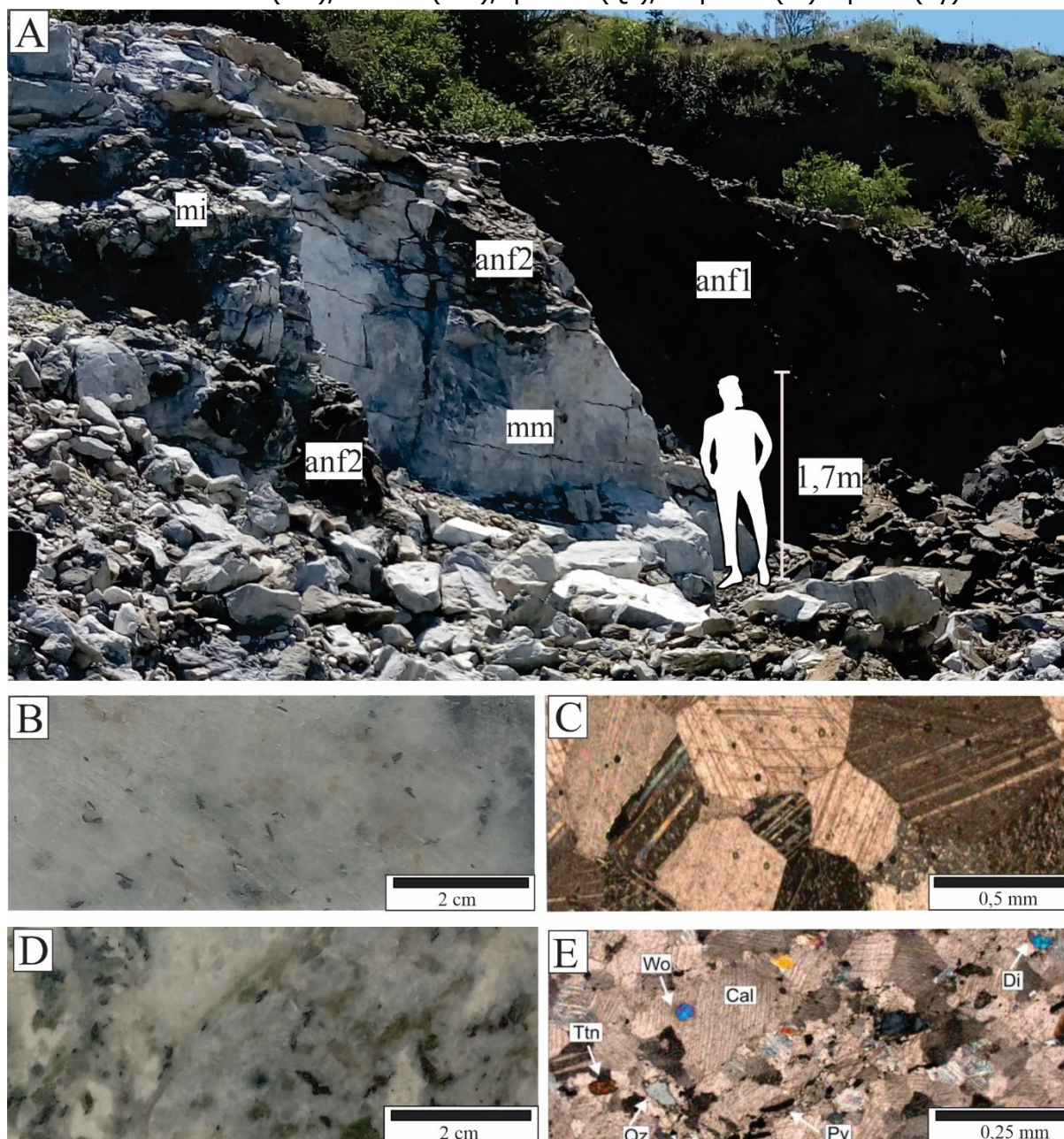
$$Mg (\%) = \frac{(MgO (\%) \times 24,30)}{40,30} \quad (2)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em trabalhos de campo realizados na pedreira Fazenda Brasileira, observou-se mármore puros, bandados e impuros intercalados com corpos e xenólitos de dimensões centimétricas a métricas de anfibolitos com presença de lentes de biotita xistos e intrusões graníticas, básicas e sieníticas, como descrito por Gerhard e Koester (2014, 2015). Os mármore maciços (mm) apresentam coloração branca, por vezes bandada, de composição acima de 90% de calcita, com textura granoblástica poligonal (Figura 3A, B, C). Os minerais secundários observados são anfibólios, epidotos e opacos. Quando impuros (mi), os mármore apresentam um bandamento irregular entre bandas claras ricas em calcita e mais escuras compostas por enriquecimento de anfibólios, piroxênios e outros minerais máficos. Na análise microscópica, foi observado, além da calcita, anfibólios, quartzo, diopsídio, wollastonita, titanita e pirita (Figura 3D, E).



Figura 3 – Mármore Matarazzo aflorante na pedreira Fazenda Brasileira, Arroio Grande, RS (A) Intercalação de mármore impuro (mi), mármore maciço (mm) e anfibolito (anf1), com xenólitos (anf2). (B) Mármore puro. (C) Fotomicroscopia do mármore puro constituído essencialmente por calcita. (D) Mármore impuro. (E) Fotomicroscopia do mármore impuro constituído por calcita (cal), wollastonita (Wo), titanita (Ttn), quartzo (Qz), diopsídio (Di) e pirita (Py)



Os mármore maciços (mm) apresentam coloração branca, por vezes bandada, de composição acima de 90% de calcita, com textura granoblástica poligonal. Os minerais secundários observados são anfibólios, epidotos e opacos. Quando impuros (mi), os mármore apresentam um bandamento irregular entre bandas claras ricas em calcita e mais escuras compostas por enriquecimento de



anfíbólios, piroxênios e outros minerais máficos. Na lamina delgada foram observadas, além da calcita, anfíbólios, quartzo, diopsídio, wollastonita, titanita e pirita.

A partir do contexto de campo, foram realizadas quatro análises químicas de elementos maiores de mármore maciço puro (MMFB-1, MMFB-2, MMFB-3 e MMFB-4) e três de mármore impuro (MIFB-5, MIFB-6 e MIFB-7), conforme mostrado na Tabela 1. O teor médio de sílica (SiO_2) dos mármore puros aflorantes na pedreira Fazenda Brasileira é de 4,68% e os teores de CaO e MgO são, respectivamente, 54,47% e 4,68%. Em contrapartida os mármore impuros apresentam teores médios de 9,73% de SiO_2 , 46,42% de CaO e 4,52% de MgO.

Tabela 1 – Análise geoquímica dos elementos maiores de mármore puros (MPFB) e impuros (MIFB) coletados na pedreira Fazenda Brasileira, Arroio Grande (RS).

Amostra	MPFB-1	MPFB-2	MPFB-3	MPFB-4	MIFB-5	MIFB-6	MIFB-7
%							
SiO_2	4,47	4,56	5,04	4,68	9,33	10,13	9,75
Al_2O_3	0,44	0,51	0,39	0,41	1,05	1,36	1,23
Fe_2O_3	0,41	0,36	0,48	0,55	0,88	0,91	0,79
MnO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
MgO	0,49	0,53	0,55	0,47	3,58	5,72	4,25
CaO	53,77	55,21	54,64	54,27	48,66	44,21	46,38
Na_2O	0,1	0,08	0,06	0,06	0,11	0,14	0,13
K_2O	0,09	0,1	0,07	0,08	0,49	0,58	0,71
TiO_2	0,04	0,03	0,05	0,06	0,09	0,08	0,08
P_2O_5	0,03	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08
LOI (Perda ao fogo)	39,88	37,96	38,21	38,96	35,23	35,85	35,98
Total	99,74	99,41	99,58	99,62	99,51	99,06	99,4

A quantidade de mármore utilizada para a fabricação de ração animal é muito variável, podendo chegar a 8% da composição final do produto. O mármore destinado a esta finalidade deve conter no mínimo 37% de cálcio e no máximo 1% de magnésio. O alto teor de magnésio é extremamente prejudicial à saúde de alguns animais, ocasionando problemas como raquitismo em aves jovens e leitões e enfraquecimento dos ossos em aves e suínos adultos (Cruz e Rufino, 2017; Rodighero *et al.*, 2015).

Na Tabela 2 estão contidos os teores de CaO (%) e MgO (%) das amostras de mármore puro da pedreira Matarazzo (MAG), mármore puro da pedreira Fazenda Brasileira (MPFB), mármore impuro da pedreira Fazenda Brasileira (MIFB) e dos mármore puros da pedreira Mônimo, de Vila Nova do Sul (MVN). Com o intuito de analisar e traçar um comparativo foram efetuadas as Equações (01) e (02), obtendo a porcentagem de cálcio e de magnésio isoladamente.



Tabela 2 – Teores de CaO, Ca, MgO e Mg para o mármore da pedreira Matarazzo de Arroio Grande/RS (amostras MAG) e mármore da pedreira Mônego de Vila Nova do Sul/RS (amostras MVN).

Amostra	CaO (%)	Ca (%)	MgO (%)	Mg (%)
Mármore Puro Pedreira Matarazzo - Arroio Grande/RS (MAG)				
MAG-1	51,37	36,71	0,54	0,33
MAG-2	53,24	38,05	0,52	0,31
MAG-3	52,39	37,44	0,53	0,32
MAG-4	52,33	37,40	0,44	0,27
MAG-5	52,12	37,25	0,50	0,30
Mármore Puro Pedreira Fazenda Brasileira - Arroio Grande/RS (MPFB)				
MPFB-1	53,77	38,43	0,49	0,30
MPFB-2	55,21	39,46	0,53	0,32
MPFB-3	54,64	39,05	0,55	0,33
MPFB-4	54,27	38,79	0,47	0,28
Mármore Impuro Pedreira Fazenda Brasileira - Arroio Grande/RS (MIFB)				
MIFB-5	48,66	34,78	3,58	2,16
MIFB-6	44,21	31,60	5,72	3,45
MIFB-7	46,38	33,15	4,25	2,56
Mármore Puro Pedreira Mônego - Vila Nova do Sul/RS (MVN)				
MVN-1	55,07	39,36	0,38	0,23
MVN-2	55,53	39,69	0,60	0,36
MVN-3	52,39	37,44	0,83	0,50
MVN-4	55,41	39,60	0,38	0,23

Os mármore puros aflorantes na pedreira Matarazzo apresentam teor médio de CaO equivalente a 52,29%, sendo 37,37% de cálcio e os teores de magnésio não ultrapassam 0,33% e os mármore puros coletados na pedreira Fazenda Brasileira possuem, em média, 38,93% de cálcio e 0,31% magnésio. Estando em conformidade com os parâmetros estabelecidos por Cruz e Rufino (2017) que consistem em no mínimo 37% de cálcio e no máximo 1% de magnésio. Entretanto, os mármore impuros, coletados na pedreira Fazenda Brasileira, divergem destes parâmetros, apresentando 33,17% de cálcio e 2,72% de magnésio, conforme observável na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação dos teores de cálcio e magnésio do mármore Matarazzo com os limites exigidos para uso em ração animal

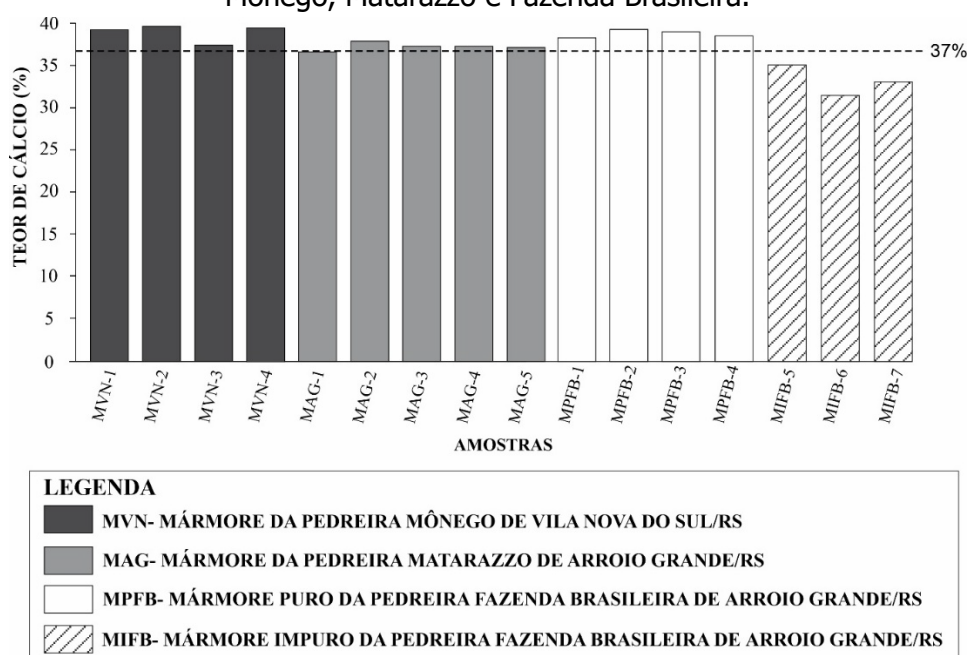
AMOSTRA	Ca (%)	Mg (%)	Limite ração (%)	Atende
MAG-1	36,71	0,33	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Ca: Não; Mg: Sim
MAG-2	38,05	0,31	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim



MAG-3	37,44	0,32	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MAG-4	37,40	0,27	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MAG-5	37,25	0,30	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MPFB-1	38,43	0,30	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MPFB-2	39,46	0,32	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MPFB-3	39,05	0,33	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MPFB-4	38,79	0,28	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MIFB-5	34,78	2,16	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Não
MIFB-6	31,60	3,45	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Não
MIFB-7	33,15	2,56	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Não
MVN-1	39,36	0,23	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MVN-2	39,69	0,36	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MVN-3	37,44	0,50	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim
MVN-4	39,60	0,23	Ca $\geq$ 37; Mg $\leq$ 1	Sim

Os mármore extraídos da pedra Mônico de Vila Nova do Sul-RS são comercializados para indústria de nutrição animal e apresentam teor médio de 39,02% de cálcio e 0,33% de magnésio. Traçando um comparativo entre os resultados obtidos (Figura 4), é perceptível que os mármore puros da região de Arroio Grande são propícios para esta finalidade. Entretanto, na pedra Matarazzo e Fazenda Brasileira observa-se heterogeneidade composicional do material rochoso, que afeta por vezes a pureza dos mármore, impactando na qualidade do produto explotado. A partir desse contexto é necessário um rígido controle geológico na retirada de material e aferição com análises químicas para fins de utilização na nutrição animal.

Figura 4 – Diagrama comparativo entre os teores de cálcio dos mármore extraídos das pedreiras Mônico, Matarazzo e Fazenda Brasileira.





Logo, como apresentado neste estudo as rochas de mármore extraído das pedreiras Matarazzo e Fazenda Brasileira, mostram-se como uma excelente alternativa de produção de aditivos para complementação de ração animal. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o aditivo pode ser definido como qualquer substância adicionada propositalmente ao alimento com o objetivo de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, sem prejudicar seu valor nutritivo (Marino e Medeiros, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teor médio de cálcio dos mármore puros provenientes das pedreiras Matarazzo e Fazenda Brasileira é compatível com os parâmetros estabelecidos para a fabricação de ração animal destinada a suínos e aves. Considerando que para esta destinação o mármore deve possuir no mínimo 37% de cálcio e máximo 1% de magnésio. Entretanto para que o produto extraído destas pedreiras seja comercialização para esta finalidade é recomendável um rígido controle na exploração e beneficiamento do material, devido a porções heterogêneas do contexto geológico da região estudada.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; HASUI, Yociteru; BRITO NEVES, Benjamin Bley de; FUCK, Reinhardt Adolfo. **Brazilian structural provinces: an introduction. Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.
- ARRUDA, Aline Barbosa; BORGES, Ana Paula Cipriano; OLIVEIRA, Jean César de. **Deformidades ósseas causadas pela carência de cálcio em aves de corte. Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 2, n. 1, p. 58-70, 2015.
- BIONE, Fellippe Roberto Alves; BONGIOLO, Everton Marques; MENDES, Júlio César; ROLAND, Camila Lopes. **Geochemistry, Sm-Nd isotopes and SHRIMP U-Pb geochronology of the Morro do Coco Granite (RJ, Brazil): another piece of the post-collisional magmatism of the Ribeira Belt. Brazilian Journal of Geology**, v. 49, n. 3, p. e20190010, 2019.
- CERVA-ALVES, Tiago; HARTMANN, Léo Afraneo; REMUS, Marcus Vinicius Dorneles; LANA, Cristiano de. **Integrated ophiolite and arc evolution, southern Brasiliano Orogen. Precambrian Research**, v. 341, p. 105648, 2020.
- CRUZ, Rodrigo Ferreira da. **Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul, carta geológica Matarazzo SI.22-V-A-III**. Porto Alegre: CPRM, 2019a. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- CRUZ, Rodrigo Ferreira da. **Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000; estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2019b. 173 p.
- DUARTE, João Eduardo Carvalho; QUADROS, Thiago de Freitas Pires. **Anuário mineral estadual - Rio Grande do Sul**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2018.



FABRIS, Jéssica. **Avaliação qualitativa das variedades de mármore da região de Caçapava do Sul como matéria-prima para a produção de corretivos de acidez dos solos e cal.**

2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Geológica) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2015.

FAGUNDES, Caio José Geoffroy Barbosa. **Estudo geoquímico comparativo entre rochas calcárias visando seu aproveitamento tecnológico.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FERNANDES, Luís Alberto Dávila; KOESTER, Edinei; PORCHER, Carla Cristine. **Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II – uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas.** *Brazilian Journal of Geology*, v. 25, n. 4, p. 375-384, 1995.

FRANTZ, José Carlos; REMUS, Marcus Vinicius Dorneles; HARTMANN, Léo Afraneo. **Geological units, ages and tectonic evolution of the Neoproterozoic Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil – a review.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 55-77, 2000.

GERHARD, Natália Peres; KOESTER, Edinei. **Aspectos de campo e petrográficos dos mármores Matarazzo e suas relações com rochas máficas.** In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2014, Porto Alegre. *Anais do Salão de Iniciação Científica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/113385>. Acesso em: 12 fev. 2022.

GERHARD, Natália Peres; KOESTER, Edinei. **Mármores Matarazzo e suas relações com rochas máficas, sudeste do Cinturão Dom Feliciano.** In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27., 2015, Porto Alegre. *Anais do Salão de Iniciação Científica*. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/137176>. Acesso em: 12 fev. 2022.

GONZÁLEZ-VEGA, Jolie Caroline; STEIN, Henrik Hans. **Calcium digestibility and metabolism in pigs.** *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 27, n. 1, p. 1-12, 2014.

GOULART, Rossana Vicente; REMUS, Marcus Vinicius Dorneles; DOS REIS, Rafael Souza. **Composição isotópica de Sr, C e O e geoquímica de ETR das rochas carbonáticas do Bloco São Gabriel, Rio Grande do Sul.** *Pesquisas em Geociências*, v. 40, n. 1, p. 75-97, 2013.

KOESTER, Edinei; BERTOTTI, André; PORCHER, Carla Cristine. **A evolução crustal do Escudo Sul-Rio-Grandense sob a perspectiva dos sistemas isotópicos Sr-Nd.** In: JELINEK, Andrea R.; SOMMER, Carlos A. (org.). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 13-27.

MARINO, Carolina Tobias; MEDEIROS, Simone Regina. **Aditivos alimentares na nutrição de bovinos de corte.** 2017. Acesso em: 12 fev. 2022.

MELO, Tiago Vieira; MOURA, Márcio Aquiles. **Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal.** *Archivos de Zootecnia*, v. 58, n. 224, p. 99-107, 2009.



MERRIMAN, Laura A.; WALK, Carrie Louise.; STEIN, Hans Henrik **The effect of microbial phytase on the apparent and standardized total tract digestibility of calcium in feed ingredients of animal origin.** *Journal of Animal Science*, v. 94, supl. 2, p. 113-113, 2016.

NEIS, Letícia Prado. **Aplicação de razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e geoquímica em mármores do Escudo Sul-Rio-Grandense.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OLIVEIRA, Euclides Reuter; MONÇÃO, Flavio Pinto; GABRIEL, Amaury Machi. **Estudo da eficiência do calcário calcítico, do carbonato de cálcio e do óxido de magnésio no controle do pH ruminal.** *Ciência Animal Brasileira*, v. 4, n. 1, p. 25-32, 2003.

PHILIPP, Ruy Paulo; MACHADO, Rômulo. **Ocorrência e significado dos septos do embasamento encontrados nas suítes graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil.** *Pesquisas em Geociências*, v. 29, n. 1, p. 43-60, 2002.

PHILIPP, Ruy Paulo; PIMENTEL, Marcio Martins; CEMALE JUNIOR, Farid. **Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: geological relationships and U-Pb geochronology.** *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, supl. 1, p. 83-104, 2016.

PORCHER, Carla Adriana; LOPES, Rosely C. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Cachoeira do Sul (folha SH.22-Y-A).** Porto Alegre: CPRM, 2000

PORCHER, Carla Cristine; LENZ, Cristine; KOESTER, Edinei; BASTOS, Vitor Augusto; OLMO-BARBOSA, Lucas Daniel; VIEIRA, Daniel Tait; RAMOS, Rodrigo C.; PINTO, Vitória M.; BERTOTTI, André; FERNANDES, Luís Alberto Dávila. **O Terreno Pelotas e a Orogênese Pinheiro Machado: uma revisão da estratigrafia, da evolução magmática e tectônica.** In: JELINEK, Andrea R.; SOMMER, Carlos Augusto (org.). **Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 29-42.

RAMOS, Rodrigo Chaves.; KOESTER, Edinei. **Geologia da associação metamáfica-ultramáfica da região de Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense.** *Pesquisas em Geociências*, v. 41, n. 1, p. 25-38, 2014.

ROCHE, John. R.; SATTER, Larry. D. **Feed supplements: macrominerals.** 2022. Acesso em: 12 fev. 2022.

RODRIGHERO, Maik Barbosa; BARTH, Gabriel; CAIRES, Eduardo Fávero. **Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1723-1736, 2015.

RODRIGUES, Wesley Osvaldo Pradella; SOUZA, Karina Maria Rodrigues de; SILVA, Maria Aparecida da. **Evolução da avicultura de corte no Brasil.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 1666-1684, 2014.

ROSTAGNO, Horacio Santiago; ALBINO, Luiz Fernando Teixeira; DONZELE, Juarez Lopes. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011.



SAMPAIO, José Alves; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. **Calcário e dolomito**. In: LUZ, Ana Beatriz; LINS, Francisca Freire de A. (org.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p. 275-298.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **Ocorrências de recursos minerais**. Disponível em: <http://geoportal.cprm.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro da. **Formulação e fabricação de rações**. Belo Jardim: Editora Independência, 2021.

Submissão: 10/04/2023

Aceito: 26/09/2025