

8 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES

A área de estudo (LUZ *et al.*, 2005) apresenta-se promissora, vez que a amostragem e o beneficiamento, identificaram a presença do mineral halloysita em quantidade considerável, podendo ser visto claramente nas imagens do MEV [amostras 01, 06, 07, 08, 09, 11, 12, 13(BB) e 17(ME)]. Percebe-se nestas imagens, e também na distribuição dos pontos de amostragem em mapa, que nas amostras 17(ME), 13(BB), 12, 11, 01, existe uma tendência a uma distribuição dos depósitos do caulim halloysítico no sentido SW-NE. Não é possível afirmar se estes depósitos encontrados compõem um pegmatito único, vários pegmatitos ou pequenas lentes pontuais pois não foram realizadas qualquer tipo de amostragem em subsuperfície (sondagens, trincheiras, galerias). Este beneficiamento foi seguido por vários tipos de análises que tiveram por objetivo determinar as características tecnológicas do caulim amostrado, e se este material admite processos de descontaminação do íon Fe^{3+} , para que este possa ser admitido como um insumo industrial.

A análise granulométrica (tabela 23) da amostragem realizada em Belmiro Braga (BB) e Mar de Espanha (ME) foram comparadas à de uma amostra comercial (C), e estas também comparadas a estudos realizados na Borborema (CAMPOS *et al.*, 2018), Junco do Seridó (BERTOLINO *et al.*, 2010) e Prado (BERTOLINO *et al.*, 2012).

Tabela 23: Dados granulométricos para comparação entre as amostras comercial (C); 13(BB); 17(ME); Equador-Borborema (RN); Junco do Seridó-Borborema(PB); e Prado(BA).

| Amostra | 90% d (μm) | 50% d (μm) | 10% d (μm) |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 13 (BB) | 402,085 | 87,119 | 5,134 |
| 17 (ME) | 46,132 | 13,061 | 2,101 |
| C (Comercial) | 23,336 | 4,867 | 0,224 |
| Equador - Borborema (RN) | 20,0 | 4,5 | 0,9 |
| Junco do Seridó - Borborema (PB) | 20,0 | 3,8 | 0,9 |
| Prado (BA) | 9,0 | 1,5 | 0,2 |

Fonte:

comercial (C) – (O autor, 2019);

13(BB) – (O autor, 2019);

17(ME) – (O autor, 2019);

Equador-Borborema (RN) (CAMPOS *et al.*, 2018),

Junco do Seridó-Borborema (PB) (BERTOLINO *et al.*, 2010);

Prado (BA) (BERTOLINO *et al.*, 2012).

Comparando-se a granulometria das áreas amostradas em relação à amostra de controle (C), pode-se afirmar: à relação granulométrica da amostra C, 90% das amostras possuem entre 2-20 vezes maior; 50% das amostras possuem entre 2,5-20 vezes maior; e 10% da amostra possuem entre 10-30 vezes. As amostras das regiões da Borborema, Junco do Seridó e Prado possuem granulometria inferior a amostra de controle (C).

A amostra 13(BB) apresenta uma granulometria que distoa do padrão encontrado nas demais áreas. Isso provavelmente está associado ao fato de que esta possui uma grande quantidade de mica o que a leva a formar aglomerados de partículas após desagregação. Estes aglomerados são identificados como partículas de granulometria elevada.

Os difratogramas de raios X (DRX) indicam que a halloysita encontrada apresenta o espaço interplanar de 7Å e 10Å em picos bastante nítidos. Após o processo de classificação hidráulica gravitacional (CHG) ter sido executado, a análise de DRX indicou que na fração fina a amostra apresentou o pico da halloysita 7Å (não hidratada) nítido e muito maior que o pico da halloysita 10Å (hidratada) da fração do alimentador, e praticamente eliminou os picos de quartzo (indicadores de impureza) (figuras 37 e 38).

Foi replicado um experimento (COELHO *et al.*, 2007) onde afirmou-se ser possível converter a halloysita com intervalo interplanar de 10Å (hidratada) para a forma 7Å (não hidratada). Para isto as amostras 17 (ME) e 13 (BB) foram submetidos a aquecimento a uma $T = 70^{\circ}\text{C}$ por dois períodos consecutivos de 24 horas. As figuras 59 e 60 apresentam os difratogramas de raios X para as amostras em seu estado natural (0D) e após o aquecimento de 24 horas (1D) e 48 horas (2D). O resultado proposto por COELHO (2007) foi constatado parcialmente nos difratogramas, pois a eliminação do pico H10 (forma hidratada da halloysita) foi parcial e um aumento na intensidade do pico H7 (forma anidra da halloysita) foi percebida. Isto significa uma diminuição no intervalo interplanar devido a perda da molécula de água.

O modo mais eficiente de se estimar o grau de desordem presente em uma caulinita é o cálculo do índice de cristalinidade de Hincley, a partir dos difratogramas de raios X. Como o ordenamento estrutural do mineral exerce influência sobre as propriedades que são exploradas pela indústria, e ciente que de acordo com HINCKLEY (1918), o índice de cristalinidade deve variar entre 0,5-1,5, nas amostras analisadas temos: as amostras 6 e 13(BB) estão entre 1,5 e 2,0; as amostras 8, 7 e 2 estão entre 1,5 e 1,0; as amostras 17(ME), 12, 11 e 9 estão entre 1,0 e 0,5; e a amostra 3 esta entre 0 e 0,5; e a amostra controle (C) é 0,83. Isto demonstra que a presença de mica e íon Fe^{3+} nas amostras fizeram com que estas apresentassem índice muito

acima da amostra comercial C, enquanto as amostras menos contaminadas apresentaram índice entre 0,5 e 1,0.

Entre os processos de classificação utilizados com o objetivo de separar a fração fina (a qual contém o mineral halloysita), o processo de classificação eleito como o de maior eficiência foi o classificador hidráulico gravitacional (CHG). Este consegue separar uma fração fina 54,43% do total inicial, se comparado a fração separada pela mesa vibratória com 46,50%, ou com o processo de sedimentação que foi de 14,11%. A vazão utilizada pelo CHG foi de 4,0l/min, para uma otimização do processo ou mesmo mudanças de escala, foi desenvolvido um conjunto de modelos matemáticos, sendo estes modelos polinomiais (ax^3+bx^2+cx+d) determinantes da máxima eficiência alcançada para uma vazão de 5,025L/min onde a porcentagem de massa da fração fina separada é de 97,278% e a fração grossa separada de 2,721%.

Tabela 24: Dados de índice de Alvura (ISO B) comparativo entre as amostras controle (C); 13(BB); 17(ME); Equador-Borborema (RN); Junco do Seridó-Borborema (PB).

| | ISO B antes alvejamento | ISO B depois alvejamento |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| C | 73,10 | 73,10 |
| 17(ME) | 55,65 | 60,39 |
| 13(BB) | 61,69 | 60,53 |
| 12 | 43,35 | 47,75 |
| Jari (AP) | 79,64 | 80,57 |
| Junco do Seridó (PB) | 80,95 | 83,23 |
| Equador (RN) | 66,91 | 71,88 |

Fonte:

comercial (C) – (O autor, 2019);

13(BB) – (O autor, 2019);

17(ME) – (O autor, 2019);

Equador-Borborema (RN) - (CAMPOS *et al.*, 2018);

Junco do Seridó-Borborema (PB) - (BERTOLINO *et al.*, 2010);

Junco do Seridó-Borborema (PB) - JARI (SCORZELLI *et al.*, 2008).

Sendo o índice de alvura (ISO Brightness) da amostra de controle (C) 73,10, constatou-se nas amostras valores antes do alvejamento químico de respectivamente: 3 (ISO B = 47,80); 8 (ISO B = 54,23); 11 (ISO B = 50,22); 12 (ISO B = 43,35); 13(BB) (ISO B = 61,69); 17(ME) (ISO B = 55,65). Após o alvejamento químico, as amostras apresentaram respectivamente os valores: 3 (ISO B = 49,76 a 46,3); 12 (ISO B = 47,75) ; 13(BB) (ISO B =

60,53); 17(ME) (ISO B = 60,39). Este aumento atinge seu máximo nos primeiros 30 minutos do processo de alveamento químico e após este período de tempo, ocorre uma reprecipitação de óxidos e hidróxidos.

Comparando-se estes valores com os obtidos em Equador (RN), Junco do Seridó (PB) (tabela 24) observa-se que as amostras da região de Juiz de Fora possuem uma alvura natural inferior às amostras das regiões norte e nordeste. No entanto, a resposta ao alveamento químico foi comparável à da amostra do Equador (RN).

O diagrama DTG-TG obtido a partir das amostras C, 13(BB) e 17(ME) na etapa de desidratação (FÖLDVARI, 2011) mostram uma variação de massa $[\Delta m C] = -2,1238\%$ e um valor de entalpia $[\Delta H C] = -3,974E-4$ (endotérmico). Na etapa de desidroxilação (FÖLDVARI, 2011) apresenta $[\Delta m C] = 10,097\%$ e $[\Delta H C] = -1,157E-3$ (endotérmico). A amostra 17(ME) fração fina exhibe na etapa de desidratação uma variação de massa $[\Delta m 17(ME)] = -2,6381\%$ e um valor de entalpia $[\Delta H 17(ME)] = -6,154E-4$ (endotérmico). Na etapa de desidroxilação $[\Delta m 17(ME)] = -10,815\%$ e um valor de entalpia $[\Delta H 17(ME)] = -8,629E-4$ (endotérmico). A amostra 13(BB) fração fina apresenta na etapa de desidroxilação com uma variação de massa $[\Delta m 13(BB)] = -6,509\%$ e um valor de entalpia $[\Delta H 13(BB)] = -6,027E-4$ (endotérmico).

Os resultados obtidos nos testes cosmetológicos de rachadura para os sabonetes foram comparados aos padrões apresentados por (DIEZ e CARVALHO, 2000). O sabonete com caulim halloysítico-alimentador 17(ME) não possui rachadura (nível zero), vez que a formulação com caulim halloysítico-fino 17(ME) mostra um nível II de rachadura.

Pode-se observar que o sabonete com o caulim halloysítico-alimentador teve uma média de formação de espuma inicial de 9,5 cm, e final com valor de 7,17 cm. Isso mostra que a diferença na formação de espuma foi maior do que o sabonete com o caulim halloysítico-fino, que começou com 7,0 cm de altura inicial, e teve 6,33 cm de altura final. Em comparação à outras formulações contendo bentonita sódica, caulinita e perlita, a argila halloysita-alimentador foi a que obteve a maior diferença entre a altura inicial e final de espuma, possui esta uma altura maior de espuma no início. A formulação com o caulim halloysítico-fino obteve resultados parecidos com as formulações contendo bentonita sódica e perlita, mas um valor inferior a formulação contendo caulinita.

Quando se avalia a perda de massa, verificou-se que o caulim halloysítico-alimentador obteve uma maior perda de massa comparado-se aos sabonetes que contem bentonita, perlita, caulim halloysítico-fino e caulinita (que têm valor próximo, mas não superior). O caulim halloysítico-alimentador perde uma maior quantidade de massa em comparação ao caulim

halloysítico-fino. Este é um comportamento esperado devido à maior presença de óxido de potássio na argila, o que influencia diretamente na diminuição de sua dureza.

Através da equação 47, obteve-se um ΔE^* de 5,546 ao comparar os resultados médios para as halloysitas. De acordo com a classificação de Quindici (2013), os valores de ΔE em unidades de CIELAB entre 1,5 – 3,0 indicam diferenças claras na avaliação da cor entre dois pigmentos e tais cores são distinguíveis para o olho humano, sendo que estes valores variam entre 3,0 – 6,0, remetendo a diferenças muito claras de cor. Em aspectos gerais, ambas halloysitas encontram-se mais próximas da cor vermelha no parâmetro (a), mais próximas da cor amarela no parâmetro b, e uma luminosidade relativamente alta no parâmetro L.

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2} \quad (47)$$

Foram feitas com o texturômetro três penetrações em cada sabonete; a média calculada sobre os valores das triplicatas, foram então usadas para as discussões. O apêndice D mostra os gráficos desta análise para cada penetração nos diferentes sabonetes.

O caulim halloysítico-fino demonstra ter uma resistência a força de penetração positiva máxima de 4,6088N, enquanto o caulim halloysítico-alimentador exhibe uma penetração positiva máxima de 3,6070N. Sendo assim, o caulim halloysítico-fino possui maior dureza.

Em uma escala decrescente de dureza para os 7 sabonetes estudados obteve-se: bentonita-sódica > caulim 17(ME) -fino > bentonita-am > bentonita-av > 17(ME)-alimentador > caulinita > perlita.

Devido a importância do potássio dentro do agronegócio como elemento fundamental para a qualidade da agricultura, foram realizados testes de adsorção e também de dessorção com o objetivo de entender o comportamento deste íon para diferentes concentrações e em argilominerais halloysíticos e bentonita. Pode-se afirmar que o caulim halloysítico possui capacidade de adsorver íons K^+ , para uma concentração entre 25-400 mg/L sendo muito similar para a halloysita e para a bentonita. Neste intervalo de concentração, a bentonita adsorveu aproximadamente 20 mg/g, enquanto o caulim halloysítico adsorveu 10 mg/g de íon K^+ .

Dizer que o caulim halloysítico não é eficiente como adsorvedor de K^+ está errado. Pode-se dizer apenas que ele adsorve a metade do adsorvido pela bentonita e para isso acontecer a solução de k^+ deve estar entre 25-400 mg/L.

Pode-se afirmar que o caulim halloysítico possui capacidade de dessorver íons K^+ , para o meio. O caulim halloysítico nas primeiras 8 horas é capaz de dessorver 0,50 mg/L

enquanto a bentonita no mesmo tempo desorve 2,42 mg/L. Não é possível dizer que o caulim halloysítico é pouco eficiente como desorvedor de K^+ . Pode-se dizer apenas que ele desorve apenas 20% da taxa de desorção da bentonita.

A análise de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) das amostras 17(ME) e 13(BB), apresenta espectros onde é possível identificar que o caulim halloysítico possui ferro estrutural (nos picos situados no intervalo de 100-200 mT). Este ferro estrutural não pode ser afetado pelo processo de alvejamento químico. A etapa de concentração hidráulica gravitacional (CHG) mostra-se eficiente para concentração da halloysita nas amostras 17(ME) e 13(BB). Este fato pode ser identificado pelo formato do componente 1 e 2 (obtidos por deconvolução) da amostra 17(ME). Nestes componentes ocorre uma diminuição ao longo do tempo durante o processo de alvejamento químico na concentração de Fe^{3+} no componente 1 e um aumento relativo na concentração de Fe^{3+} ao longo do tempo durante o processo de alvejamento químico no componente 2. Isso comprova que durante este processo, o íon Fe^{3+} extraestrutural é retirado resultando em um aumento aparente na concentração do íon Fe^{3+} intra-estrutural. Sendo assim, considera-se o processo eficiente na concentração da halloysita. Nestes espectros é possível identificar a presença de um traço vertical locado na posição 350 mT.

As análises de FRX realizadas nas amostras 17(ME) e 13(BB) mostram que o processo de CHG foi capaz de concentrar os minerais que contém os óxidos Fe_2O_3 e Al_2O_3 em ambas as amostras e diminuir a concentração dos óxidos NaO, MgO, SiO_2 , K_2O , e TiO_2 . A perda de massa ao fogo (PPC) foi também maior na fração fina.

Correlacionando as concentrações obtidas na análise por FRX (tabela 20) com os parâmetros industriais exigidos nas indústrias de papel e cerâmica (tabela 7) pode-se afirmar que:

- a) a concentração de Fe_2O_3 esta dentro do intervalo adequado às especificações industriais usada na indústria de papel (como revestimento e carga) para ambas as amostras 13(BB) e 17(ME) e para a indústria de cerâmica apenas para a amostra 13(BB);
- b) a concentração de Al_2O_3 se insere dentro das especificações da indústria de papel (como revestimento e carga) apenas para a amostra 13(BB) e apresenta concentração superior para a indústria de cerâmica e também para a amostra 17(ME);
- c) a concentração em SiO_2 na amostra 13(BB) apresenta-se dentro do intervalo adequado as especificações industriais usadas na indústria de

- papel (como revestimento) e é superior ao intervalo exigido pela indústria para a indústria de papel (como preenchimento) e para a indústria de cerâmica. Para a amostra 17(ME) apresenta concentração inferior ao intervalo adequado as especificações industriais usadas na indústria de papel (revestimento e cobertura) e para a indústria de cerâmica;
- d) a concentração de TiO_2 nas amostras de Belmiro Braga – 13(BB) e Mar de Espanha – 17(ME) estão dentro do intervalo adequado as especificações industriais usadas na indústria de papel (como preenchimento) e indústria de cerâmica. Apresentam-se como concentração inferior as especificações industriais para ambas as amostras para a indústria de papel (como revestimento);
- e) a perda por calcinação (PPC) foi inferior as especificações industriais para a amostra de Belmiro Braga – 13(BB), e superior as especificações industriais para a amostra de Mar de Espanha – 17(ME).

CONCLUSÕES

Como este projeto tem foco tecnológico concluiu-se:

- a) a área de estudo é promissora, vez que as imagens do MEV, das amostras beneficiadas, identificaram a presença do mineral halloysita em expressiva quantidade. Nas amostras 17(ME), 13(BB), 12, 11, 01, há uma tendência a distribuição dos depósitos do caulim halloysítico no sentido SW-NE. Não é possível ainda afirmar se os depósitos encontrados compõem um pegmatito único, vários pegmatitos ou pequenas lentes pontuais;
- b) o beneficiamento foi seguido por análises que determinaram as características tecnológicas do caulim amostrado, e que este material admitiu os processos de descontaminação do íon Fe^{3+} , para ser caracterizado como um insumo industrial;
- c) as análises granulométricas realizadas nas amostras de Belmiro Braga-13(BB) e Mar de Espanha-17(ME) foram comparadas a uma amostra comercial (C), e a estudos realizados nas regiões da Borborema, Junco do Seridó e Prado (possuidores de granulometria inferior a amostra de comercial (C)). A amostra 13(BB) apresentou uma granulometria que distoante do padrão encontrado nas demais áreas estudadas. Os difratogramas de raios X (DRX) indicaram que a halloysita encontrada têm espaço interplanar de 7\AA e 10\AA em picos bastante nítidos. Após o processo de classificação hidráulico gravitacional (CHG) ter sido executado, os difratogramas DRX na fração fina a amostra mostraram o pico da halloysita 7\AA (não hidratada) nítido e muito maior que o pico da halloysita 10\AA (hidratada) da fração do alimentador, e praticamente eliminou os picos de quartzo (indicadores de impureza);
- d) no experimento descrito por COELHO *et al.*, (2007), o resultado esperado foi replicado parcialmente, pois nos difratogramas a eliminação do pico 10\AA não aconteceu totalmente, e houve um aumento nítido de intensidade do pico H7. Isto implica em uma diminuição no intervalo interplanar da halloysita devido a perda da molécula de água;
- e) o índice de cristalinidade de Hincley (usado como método de estimar o grau de desordem cristalográfica presente na caulinita a partir dos

- difratogramas de raios X) esperado, deve variar entre 0,5 - 1,5. Apenas a amostra 17(ME) possui índice de cristalinidade dentro do intervalo esperado e próximo ao valor da amostra comercial (C);
- f) entre os processos de classificação utilizados com o objetivo de separar a fração fina (que possui o mineral halloysita) o processo de classificação eleito com melhor eficiência foi o classificador hidráulico gravitacional (CHG), que conseguiu separar melhor uma fração fina do que a separada pela mesa vibratória, ou pelo processo de sedimentação. O ponto de máxima eficiência do CHG foi calculado a partir de um modelo polinomial de terceira ordem;
- g) os valores de alvura das amostras foram melhorados no processo de alveamento químico com ditonito de sódio. Comparando estes valores com os obtidos com amostras de caulim da região de Equador (RN), Junco do Seridó (PB) observa-se que as amostras da região de Juiz de Fora possuem uma alvura natural inferior as amostras das regiões norte e nordeste;
- h) o diagrama DTG - TG obtidos a partir das amostras C, 13(BB) e 17(ME), na etapa de desidratação, possui uma variação de massa [Δm C] negativa e um valor de entalpia [ΔH C] negativa (endotérmico). Na etapa de desidratação e na etapa de desidroxilação as variações de massa e entalpia também são negativas. Isto mostra que a estrutura está aberta a inserção de algum princípio ativo em sua estrutura;
- i) os testes cosméticos realizados em sabonetes produzidos com a amostra 17(ME)-alimentador não apresentaram rachaduras (nível zero). Já a formulação com a amostra 17(ME)-fino apresentou um nível II de rachadura. Observa-se que o sabonete com a amostra 17(ME)-alimentador teve uma média de formação de espuma melhor que o sabonete com a amostra 17(ME)- fino. A formulação com a amostra 17(ME)- fino obteve resultados parecidos com as formulações contendo bentonita sódica e perlita, mas um valor inferior à formulação contendo caulinita. A amostra 17(ME)- alimentador tem uma maior perda de massa em comparação a amostra 17(ME)- fino. Foram feitas com o texturômetro três penetrações em cada sabonete, sendo a média calculada sobre os valores das triplicatas que foram então utilizadas para as discussões;

- j) o caulim halloysítico [amostra 17(ME)], possui capacidade de dessorver íons K^+ , para o meio. Este nas primeiras 8 horas é capaz de adsorver e dessorver aproximadamente 20% do que a bentonita no mesmo tempo. Não é possível se dizer que o caulim halloysítico é pouco eficiente como adsorvedor e dessorvedor de K^+ . Pode-se dizer apenas que ele adsorve e dessorve uma taxa menor que a bentonita (muito usada na liberação de fertilizantes);
- k) A análise de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) para as amostras 17(ME) e 13(BB), apresenta espectros onde é possível identificar que o caulim halloysítico possui ferro estrutural (nos picos situados no intervalo de 100-200mT). Este ferro estrutural não pode ser afetado pelo processo de alvejamento químico. A etapa de concentração hidráulica gravitacional (CHG) mostra-se eficiente para concentração da halloysita nas amostras 17(ME) e 13(BB). Identifica-se este fato pelo formato da componente 1 e 2 (obtidas por deconvolução) da amostra 17(ME). Nestes componentes ocorre uma diminuição ao longo do tempo durante o processo de alvejamento químico na concentração de Fe^{3+} no componente 1 e um aumento relativo na concentração de Fe^{3+} ao longo do tempo durante o processo de alvejamento químico no componente 2. Isso comprova que durante este processo, o íon Fe^{3+} extraestrutural é retirado resultando em um aumento aparente na concentração do íon Fe^{3+} intra-extrutural, sendo assim o processo é eficiente na concentração da halloysita;
- l) as análises de FRX realizadas nas amostras 17(ME) e 13(BB) mostram que o processo de CHG foi capaz de concentrar os minerais que contém os óxidos Fe_2O_3 e Al_2O_3 em ambas as amostras e diminuir a concentração dos óxidos NaO , MgO , SiO_2 , K_2O , e TiO_2 . Na fração fina a perda de massa ao fogo (PPC) foi maior.
- m) em suma, a qualidade do caulim halloysítico amostrado na região de Juiz de Fora foi considerado compatível para uso nas indústrias de cosméticos e fertilizantes, sendo o processo de beneficiamento capaz de concentrar a halloysita, aumentar a alvura e retirar o íon ferro extraestrutural contaminante do caulim natural.

REFERÊNCIAS

- AGUZZI, C.; CAPRA, P.; BONFERONI, C.; CERZO, P.; SALCEDO, I.; SANCHEZ, R.; CARAMELLA, C.; VISERAS, C. Chitosan–silicate biocomposites to be used in modified drug release of 5- aminosalicylic acid (5-ASA). *Applied Clay Science*. v.50. p.106-111. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131710002152#!>> . Acesso em: 02/01/2018.
- AMORIM, M.I.; PIAZZA, F.C.P. O uso das argilas na estética facial e corporal. 13 p. 2010. Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/monthana%20imai%20de%20amorim.pdf>> . Disponível em: <<https://docplayer.com.br/11365874-Uso-das-argilas-na-estetica-facial-e-corporal.html>>. Acesso em: 10/05/2018.
- ATKINS, P.W.; PAULA, J. Físico-química: v.1. 8.ed. 590 p. LTC. Rio de Janeiro. 2008.
- BARBOSA, J.C. Modelagem e modelos matemáticos na educação científica. *Revista de educação em ciência e tecnologia*. v.2. n.2. p.69-85. 2009.
- BASCETIN, E.; HAZNEDAROGLU, H.; ERKOL, A.Y. The adsorption behavior of cesium on sílica gel. *Applied Radiation and Isotopes*. v.59. p.5-9. 2003.
- BARTHELMY, D. Mineralogy Database - 1997-2014. Disponível em: <<http://www.webmineral.com/>>. Acesso em: 20/06/2016.
- BERTOLINO, L.C.; ROSSI, A.M.; SCORZELLI, R.B.; TOREM, M.L. Influence of iron on kaolin whiteness: An electron paramagnetic resonance study. *Applied Clay Science*. v.49. p.170-175. 2010.
- BERTOLINO L.C.; TOREM M.L.; SCORZELLI R.B.; ROSSI A.M.; Caracterização mineralógica e beneficiamento do caulim de prado (BA). 10 p. 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1161/599>>. Acesso em: 07/11/2018.
- BOURGEOIS, P. El extraordinario poder curativo de la argila. Barcelona: De Vicchi. 85 p. 1989. Disponível em: <<https://www.estantevirtual.com.br/livros/pierre-bourgeois/el-extraordinario-poder-curativo-de-la-arcilla/3904818439>> . Acesso em 02/02/2018.

BRADL, H.B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*. v.277. p.1-18. 2004.

BRANCO, P.M. *Diccionario de mineralogia e gemologia*. ISBN 978-85-86238-64-2. 608 p. 2008

BRINDLEY, G.W.; ROBINSON, K. An X-ray study of some kaolinitic fireclays. *British Ceram. Soc. Trans.* v.46. p.49-62. 1947.

BRINDLEY, G.W.; SOUZA SANTOS, P.; SOUZA SANTOS, H. Mineralogical studies of kaolinite-halloysite clays. I - Identification problems. *Amer. Miner.* v.48. p.897. 1963.

CAMPOS, A.P.; MONTEIRO, C.C.O.; COSTA, D.T.; SILVA, R.D. *DNPM – Sumário Mineral*. ISBN 0101-2053. p.40-41. 2016.

CAMPOS, V.M.J.; BERTOLINO, L.C.; ALVES, O.C. Mineralogical characterization and beneficiation study of kaolin from Equador (RN) and Junco do Seridó (PB) to increase the brightness index. *Cerâmica*. v.63. p.369-375. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132017633672163>> . Acesso em: 04/10/2018.

CHITINIS, S.R.; SHARMA, R. Industrial application of acid-treated clays as catalysts. *Reactive and Functional Polymers*. v.32. p.93-115. 1997.

CLOZEL, B.; ALLARD, T.; MULLER J. P.; Nature and stability of radiation-induced defects in natural kaolinites: new results and a reappraisal of published works. *Clays and Clay Minerals*. v.42. n.6. p.657-666. Dezembro 1994. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/42468.pdf>. Acesso em 20/11/2017.

CODEMIG 2013 – Carta Geológica – Folha SF.23-X-D-IV - JUIZ DE FORA. 2013

COELHO, A.C.V.; SANTOS, P.S.; SANTOS, H.S. Argilas especiais: o que são, caracterização e propriedades. *Quimica Nova*. v.30. n.1. p.146-152. 2007. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1763>. Acesso em 01/02/2018.

CONLEY, R. F.; LLOYD, M. K. Improvement of Iron Leaching in Clays. *Optimizing Processing Parameters in Sodium Dithionite Reduction*. *Ind. Eng. Chem. Process Des. Develop.* v.9 n.4. p.595-601. 1970. <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/i260036a017>>. Acesso em 01/02/2018.

CPRM. Mapa Geológico do estado de Minas Gerais – escala 1.000.000. 2014.

DALTRY, V.D.C.; DELIENS, M. The type mineralogy of Belgium. *Annales de la Société géologique de Belgique*. v.116. p.15-28. 1993. Disponível em: <<https://popups.uliege.be/0037-9395/index.php?id=1842&file=1&pid=1827>>. Acesso em: 01/06/2018.

DAMIANI, F.; TATSCH, P.J. FEEC/UNICAMP - IE 607A - Medidas para Caracterização e Análise de Materiais. 2000. Disponível em: <<http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/MO.pdf>>. Acesso em 20/06/2016.

DANA, J.D. Manual de mineralogia. ed.16. 720 p. 1981.

DARÉ, R.G.; TRULTI, M.C.T.; ESTANQUEIRO, M. Significância dos argilominerais em produtos cosméticos. *Revista Ciências Farmaceuticas Básica Aplicada*. v.36. n.1. pg.59-67. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283542096_Significancia_dos_argilominerais_em_produtos_cosmeticos>. Acesso em 29/11/2018.

DARIO, G.M. Avaliação da atividade cicatrizante de formulação contendo argila medicinal sobre feridas cutâneas em ratos. Trabalho acadêmico (pós graduação) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Crisciuma. 83 p. 2007. Disponível em <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp059003.pdf>>. Acesso em 10/05/2018.

DAY, N. CRYSTALLOGRAPHY OPEN DATABASE. 2009. Disponível em: <<http://www.crystallography.net/cod/index.php>>. Acesso em 10/3/2016.

DIEZ, M.A.; CARVALHO, G.S.C. Aditivos para sabonetes em barra. 13 p. 2010. Disponível em: <https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=aditivos-para-sabonetes>. Acesso em: 20/12/2018.

DUARTE, B.P.; NOGUEIRA, J.R.; HEILBRON, M., TUPINAMBÁ, M. Mapa Geológico da Folha Juiz de Fora. SF-23-X-D-IV.Escala 1:100.000. CODEMIG. UERJ. 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279850530_Mapa_Geologico_da_Folha_Juiz_de_Fora_SF-23-X-D-IV_Escala_1100000_CODEMIG_UERJ_2003>. Acesso em: 20/10/2018.

DUPUIS, C.; ERTUS, R. The karstic origin of the type halloysite in Belgium. In: *Proceedings of the 10th International Clay Conference 1993*; Eds. CHURCHMAN, GJ; FITZPATRICK, R. W.; and Eggleton, RA; Melbourne: CSIRO Publishing. p.362–366. 1995.

Disponível

<

<https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=KXwZBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=DUPUIS,+C.%3B+ERTUS,+R.+The+karstic+origin+of+the+type+halloysite+in+Belgium.+In+Clays+Control+the+Environment+%E2%80%93+Proceedings+of+the+10th+International+Clay+Conference+1993.+&ots=Bet2j5NhJ0&sig=GgEl0aEGqNNCujthwrqgp0dHIUM#v=onepage&q=DUPUIS%2C%20.%3B%20ERTUS%2C%20R.%20The%20karstic%20origin%20of%20the%20type%20halloysite%20in%20Belgium.%20In%20Clays%20Control%20the%20Environment%20%E2%80%93%20Proceedings%20of%20the%2010th%20International%20Clay%20Conference%201993.&f=false>>. Acesso em 10/05/2018.

EVELINE, C. Mascaras: as estrelas da cosmetologia. Bel Col. São Paulo. n.52. p.22-24. mar-abr. 2010. Disponível <<https://espelho-meu95.webnode.com/news/mascaras-as-estrelas-da-cosmetologia/>>. Acesso em 10/05/2018.

FERREIRA, M.J.D. Argilominerais puro e quimicamente modificados como adsorventes para corantes catiônicos. Dissertação de mestrado em Química. Universidade Federal da Paraíba. 80 p. 2009. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPB-2_0530de6c1c29418df51c2537d889ed63>. Acesso em: 25/10/2018.

FÖLDVARI, M. Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice. 1.ed. Budapest. 180p. ISBN: 978-963-671-288-4. 2011.

FORATO, L.A.; BERNARDES FILHO, R.; COLNAGO, L.A.; Estudo de métodos de aumento de resolução de espectros de ftir para análise de estruturas secundárias de proteína. P. 146-150 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v21n2/3447.pdf>>. Acesso em: 25/10/2018.

GARDOLINSKI, J. E.; MARTINS FILHO, H. P.; WYPYCH, F. Comportamento Térmico da Caulinita Hidratada. Química Nova. v.26. p.30-35. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n1/14297.pdf>>. Acesso em: 10/03/2016.

GLUITZ, A.D. III Congresso de ciência e tecnologia da UTFPR-DV. 2015. Dois Vizinhos. Anais da 3º Semana acadêmica de Ciências Biológicas HUB 2015, Dois Vizinhos - PR.

GOLDBERG, S. Adsorption models incorporated into chemical equilibrium models. Soil Science Society of America Special Publication. n.42. p.75-93. 1995.

GRIM. R.E. Clay Mineralogy: McGraw-Hill Book Co. Inc. 384p. 1953.

GRIM, R.E. Clay Mineralogy: McGraw-Hill Book Co. Inc, ed.2. p.37-38, 1968.

HEILBROM, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S.; MACHADO, N. A orogênese brasileira no segmento central da faixa ribeira. Revista brasileira de geociências. v.25. n.4. p.249-266. 1995.

HINCKLEY, D.N. Variability in “crystalinity” values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Caroline: Clays and Clay Minerals, n.11, p.229-235, 1963. Disponível em: <<http://www.ccdc.cam.ac.uk/mercury/>>. Acesso em: 08/03/2016.

IBRAM – Tabela de comércio exterior brasileiro de produtos de origem mineral anos 2014-2016. 4 p. 2016

IBRAM – Informações sobre a economia mineral brasileira. 25 p. 2015

INBRAS – Classificador hidráulico. 2016. Disponível em: <<http://www.inbras.com.br/produto/classificador-hidraulico-2/>>. Acesso em: 09/12/2017.

ISCHIHARA, A.H. DNPM – Sumário Mineral. ISBN 0101-2053. p.42-43. 2015.

JOUSSEIN, E.; PETIT S.; CHUCHMAN J.; THENG B.; RIGHI D.; DEVAUX B. Halloysite Clay Minerals – A Review. Clay minerals. v.40, p.383-426. 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/249853256_Halloysite_clay_minerals_-_A_review >. Acesso em: 11/06/2018.

KAMBLE, R.; CHAG, M.; GAIKAWALD, S.; PANDA, B.K. Halloysite Nanotubes and Applications: A Review. Journal of Advanced Scientific Research. v.3(2). p.25-29. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285785913_Halloysite_nanotubes_and_applications_A_review>. Acesso em: 20/05/2016.

KEELING, J.L. The mineralogy, geology and occurrences of halloysite. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272481304_The_mineralogy_geology_and_occurrences_of_halloysite>. Acesso em: 20/08/2017.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. Journal of the American Chemical Society. v.40. p.1361-1403. 1918.

LANGREO, N. Salud y Belleza com Arcillas, fangos y algas. Barcelona: Tikal. 1999. Disponível em: <<https://espelho-meu95.webnode.com/news/mascaras-as-estrelas-da-cosmetologia/>>. Acesso em: 10/05/2018.

LENCASTRE, A. Hidráulica Geral. 651 p. 1983

LEVIS, S.R.; DEASY, P.B. Characterisation of halloysite for use as a microtubular drug delivery system. *International Journal of Pharmaceutics*. v.243. p.125-134. 2002.

LOPES, M. Equipamentos para a concentração de minerais pesados. Portal Técnico em mineração, 2013-2017. Disponível em: <http://tecnicoemineracao.com.br/concentracao-de-minerais-pesados/>. Acesso em: 10/4/2017.

LUZ, A.B.; LINS, F.A.F. Rochas & Minerais Industriais – Usos e especificações. 727 p. 2005.

LVOV, Y.M.; ZHAO, M. Time release of Medicine using Halloysite Clay Nanotubes. 2014. 13 p. Disponível em: <http://www.institute.loni.org/lasigma/ret/documents/presentations2014/TheresaDo_Presentation.pdf>. Acesso em: 10/4/2017.

MACHADO, P.P.; HOTZA, D.; PETTER, C.; BERGMANN, C.P. Controle de Qualidade para Revestimentos Cerâmicos Através da Análise Colorimétrica de Superfície Vidrada Monocromática. 5p. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Bergmann/publication/264844074_Controle_de_Qualidade_para_Revestimentos_Ceramicos_Atraves_da_Analise_Colorimetrica_de_Superficie_Vidrada_Monocromatica/links/54306e230cf27e39fa9e182a.pdf>. Acesso em: 20/11/2018.

MANGUEIRA, E.S.V. Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía (cocos nucifera) aplicado ao processo de adsorção do herbicida metribuzin. 2014. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2014.

MEADS, R.E.; MALDEN, P.J. Electron spin resonance in natural kaolinite containing Fe³⁺ and other transition metal ions. *Clay Minerals*. v.10. n.5. p.313-345. Julho 1975.

MESSA, L.M.; FROES, J.D.; SOUZA, C.F.; FAEZ, R. Híbridos de quitosana-argila para encapsulamento e liberação sustentada do fertilizante nitrato de potássio. *Química Nova*. v.39. n.10. p.1251-1220. 2016.

MILLIKEN, T.H.; OBLAD, A.G.; MILLES, G.A. Uses of clays as petroleum cracking catalysts. *Clays and Clay Minerals*. v.1. p.314-326. 1955.

MITTAL, A.; KURUP, L.; MITTAL, J. Freundlich and Langmuir adsorption isotherms and kinetics for the removal of Tartrazine from aqueous solutions using hen feathers. *Journal of Hazardous Materials*. v.146. p. 243-248. 2007. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ae42/ad706a4bfecee3943507e7a01347d88d3cf3.pdf>>. Acesso em: 20/01/2018.

MURRAY, H.H. *Applied Clay Mineralogy*. McGraw Book Company. New York. 189p. 2007. Disponível em: <http://kyawlinzaw.weebly.com/uploads/4/5/1/3/4513060/applied_clay_mineralogy.pdf>. Acesso em: 10/03/2016.

MURRAY, H.H. *Applied Clay Mineralogy Today and Tomorrow*. *Clay Minerals*. v34. p.39-49. 1999. Disponível em: <http://www.minersoc.org/pages/Archive-CM/Volume_34/34-1-39.pdf>. Acesso em: 10/03/2016.

MURRAY, H.H.; KELLER, W.D. *Kaolin Genesis and Utilization (A Collection of Papers presented at the Keller '90 Kaolin Symposium)*. 341p.. 1993

MURRAY, H.H.; LYONS, S.C. Correlation of papercoating quality with degree of Crystal perfection of kaolinite: in *Clays and Clay Minerals*. Proc. 4th Nat'l Conf. Nat'l Res. Council Pub. 456. Swineford, A. ed.31-40. 1956.

MURRAY, H.H. Overview – Clay Mineral Applications. *Applied Clay Science*. 5. p.379-395. 1991.

MURRAY, H.H.; PARTRIDGE, P. Genesis of rio JarioKaolin. Proc. Int. Clay Conf. 1981. Van Olphen, H. and Veniale. F. eds. Dev.In Sedimentology 35. Elsevier, p.279-291. 1982.

MURRAY, H.H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: a general overview: *Applied Clay Science*. v.17. 5-6. p.207-221. 2000.

NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY. *World Geodetic System 1984*. 3p. 2005. Disponível em: < http://www.unoosa.org/pdf/icg/2012/template/WGS_84.pdf >. Acesso em: 4/02/2018.

OKIEL, K.; EL-SAYED, M.; EL-KADY, M.Y. Treatment of oil-water emulsions by adsorption onto activated carbon, bentonite and deposited carbon. *Egyptian Journal of Petroleum*. v.20. p.9-15. 2011.

PASBAKHS, P.; CHURCHMAN, G.J.; KEELING, J.L. Characterisation of properties of various halloysites relevant to their use as nanotubes and microfibre fillers, *Applied Clay science*. v.74. p.47-57. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.06.014>>. Acesso em: 20/05/2016.

PCE INSTRUMENTS: Test Instruments, Control Systems, Scales and Laboratory Equipment. 2016. Disponível em: <https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/color-meter-colour-meter-kat_40051_1.htm>. Acesso em: 30/05/2017.

PEÇANHA, R.P., *Sistemas particulados # Operações unitárias envolvendo partículas e fluidos*. ed.1. Rio de Janeiro. Elsevier. 424p. il. ISBN-10: 85-352-7721-8. ISBN-13: 978-85-352-7721-0. 2014.

PHOTOMETRICS. Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM). 2018. Disponível em: <<https://photometrics.net/field-emission-scanning-electron-microscopy-fesem/>>. Acesso em: 20/09/2018.

PLANÇON, A.; GIESE RF.; SNYDER R. "The HINCKLEY index for kaolinites. *Clay Miner*. v.23. p.249-260. 1988.

PRASAD, M.S.; REID, K.J.; MURRAY, H.H. Kaolin: processing, properties and applications *Appl Clay Sci*. 6 (87). 1991.

RIBEIRO, C.J. *Cosmetologia aplicada a dermoestética*. 2.ed. São Paulo. Pharmabooks. 460p. 2010.

READE. READE INTERNATIONAL COORP - Nanoclays (Montmorillonite, Bentonite, Smectite). 2018. Disponível em: <<https://www.reade.com/products/nanoclays-montmorillonite-bentonite-smectite>>. Acesso em: 20/06/2018.

RODRIGUES, L.A.S.; FIGUEIRAS, A.; VEIGA, F.; FREITAS, R.M.; NUNES, L.C.C.; SILVA FILHO, E.C.; LEITE, C.M.S. The systems containing clays and clay minerals from modified drug release: a review. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. v.103. p. 642-651. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2012.10.068>>. Acesso em: 20/08/2016.

RUIZ-HITZKY, E.; DARDEN, M.; FERNANDES, F.M.; ALCÂNTARA, A.C.S.; ARANDA, P. Fibrous clays based bionanocomposites. *Progress in polymer science*. v.38. p.1392-1414. 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.004> >. Acesso em: 30/05/2016.

RUIZ, M.S. Argilas – Perfil 4, Capítulo IV. In: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Mercado Produtor Mineral do Estado de São Paulo – Levantamento e Análise. Pró-Minério – Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais. São Paulo. p.61-86. 1990.

SALCEDO, I.; AGUZZI, C.; SANDRI, G.; BONFERONI, C.; MORI, M., CERESO, P.; SÁNCHEZ, R.; VISERAS, C.; CARAMELLA, C. “In vitro biocompatibility and mucoadhesion of montmorillonite chitosan nanocomposite: A new drug delivery”, *Applied Clay Science*, v.55. p.131–137. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016913171100370X>>. Acesso em: 20/2/2017.

SANTOS, C.G.M.; PASSOS, F.A.C.M.; BARBATO, C.N.; SAMPAIO, J.A.; GARRIDO, F.M.S.; SILVA, F.A.N.G. Estudo de síntese e transição entre as fases zeolíticas sodalita e cancrinita. *Holos*, v.3. Edição Especial - XXV ENTMME / VII MSHNT. 2014

SANTOS D. C.; CECONI R. G.; TASCAROLLO I. L. Síntese a frio e propriedades sensoriais de sabonetes formulados com argila verde e óleos vegetais. *Interbio* v.10. n.1. p.61-70 Jan-Jun, 2016.

SCORZELLI, R.B.; BERTOLINO, L.C.; DUTTINE, M. Spectroscopic studies of kaolin from different Brazilian regions. *Clay Minerals*. v.43. n.1. p.129-135. 2008.. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/230735202_Spectroscopic_studies_of_kaolin_from_different_Brazilian_regions>. Acesso em: 20/05/2017.

SENNA, J.A. Caracterização de argilas de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância. 290 p. 2003.

SILVA, F.A.N.G. Estudos de caracterização tecnológica e beneficiamento do caulim da região Borborema-seridó (RN). 33p. 2008.

SILVA, F.A.N.G.; LUZ, A.B.; SAMPAIO, J.A.; BERTOLINO, L.C.; SCORZELLI, S.B.; DUTTINE, M.; SILVA, F.T. Technological characterization of kaolin: Study of the case of the Borborema- Seridó region (Brazil). *Applied Clay Science*. v.44. p.189-193. 2009.

SILVA, J. S.; VILARINHO, A.C.S.G.; BARUD, H.S.; SILVA FILHO, E.C.; NUNES, L.C.C.

Utilização de argilas fibrosas e tubulares para a liberação modificadas de fármacos: uma revisão,

Researchgate. v.21. n.01. p.204-212. 2016. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S151770762016000100019&script=sci_abstract&tlng=pt>.

Acesso em: 01/02/2018.

SILVA, R.A.O.; SILVA, M.C.C.; SILVA, M.G.O.; OLIVEIRA, L.N.F.; MARQUES, L.G.A.; SILVA

FILHO, E.C.; SILVA, T.S.S.; SANTOS, M.R.M.C. Potencial tecnológico das argilas na cosmetologia.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA. 2013. Salvador, BA. Anais.

Salvador: Cadernos de Prospecção, 2013. vol.6. n.3. p.267-274. Disponível em:

<<https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/11423>>. Acesso em: 29/11/2018.

SIMÕES K. M.; NOVO B. L.; FELIZ A. A. S.; AFONSO J. C.; BERTOLINO L. C.; SILVA F. A. N.

G. Ore Dressing and Technological Characterization of Palygorskite from Piauí/Brazil for Application

and Adsorbent of Heavy Metals. Characterization of Minerals, Metals and Materials. Ed. Springer

International Publishing. p. 261-267. 2017.

SOEIRO, E. DNPM – Sumário Mineral. ISBN 0101-2053. p.48-49. 2013.

SOMASUNDARAN, P.; MALTESH, C. Hydrocarbon and alcohol effects on sulfonate adsorption on

alumina. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v.112, p.55-62, 1996.

SOUZA SANTOS, H.; CARDOSO, S.R.F.; COELHO, A.C.V. Caracterização e propriedades

cerâmicas de alguns caulins e argilas usados em cerâmica branca no estado de São Paulo. Cerâmica

Industrial 3 (3). p.47-57. 1998.

SOUZA SANTOS, H. Thermal transformation 1:1 and 2:1 clay minerals. 2nd World Congr. Non-

metallic Minerals Beijing. v.1, p.176-185. 1989

SOUZA SANTOS, P. Brazilian industrial clays. 2nd World Congr. Non-metallic Minerals. Beijing.

p.497-504. 1989.

SOUZA SANTOS, P.; BRINDLEY G. W.; SOUZA SANTOS, H. Mineralogical studies of kaolinite-

halloysite clays. II - Some Brazilian kaolins. Amer. Miner. v.49. p.1543. 1964.

SOUZA SANTOS, P. Ciência e Tecnologia de Argilas. 2^a Ed. S. Paulo. Edgard Blücher. 802 p. 1975.

SOUZA SANTOS, P. The use of clay particle morphology studies to characterize industrial clay deposits; examples from Brazil. *Clay Minerals*. v.28. p.539. 1993.

SOUZA SANTOS, P.; PERCHE TOLEDO, S.; SOUZA SANTOS, H. Caulins Halóisíticos das Regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Cerâmica Industrial* 14 (1). Janeiro/Fevereiro 2009. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v14n1/v14n1a02.pdf>>. Acesso em: 12/07/2015.

TRAVASSOS, A.B. Mineração e desenvolvimento sustentável - Instrumentos específicos de proteção ambiental aplicados a atividade minerária. 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/42767/1/Ana%20Beatriz%20Travassos.pdf>>. Acesso em: 20/11/2018.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBROM, M.; DUARTE, B.P.; NOGUEIRA, J.R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L.G.E.; MEDEIROS, S.R.; ALMEIDA, C.G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C.D.; MENDES, J.; LUDKA, I. Geologia da faixa ribeira setentrional: estado da arte e conexões com a faixa Araçuaí. *Geonomos* 15 (1). p.67-79. 2007.

VARELA, M. Material didático (IFRN) - Materiais de construção – Granulometria. 2018. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria>>. Acesso em: 20/10/2018.

VISERAS, C.; CEREZO, P.; SANCHEZ, R.; SALCEDO, I.; AGUZZI, C. Current challenges in clay minerals for drug delivery. *Applied Clay Science*. v.48. p.291-295. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131710000219>>. Acesso em: 01/02/2018.

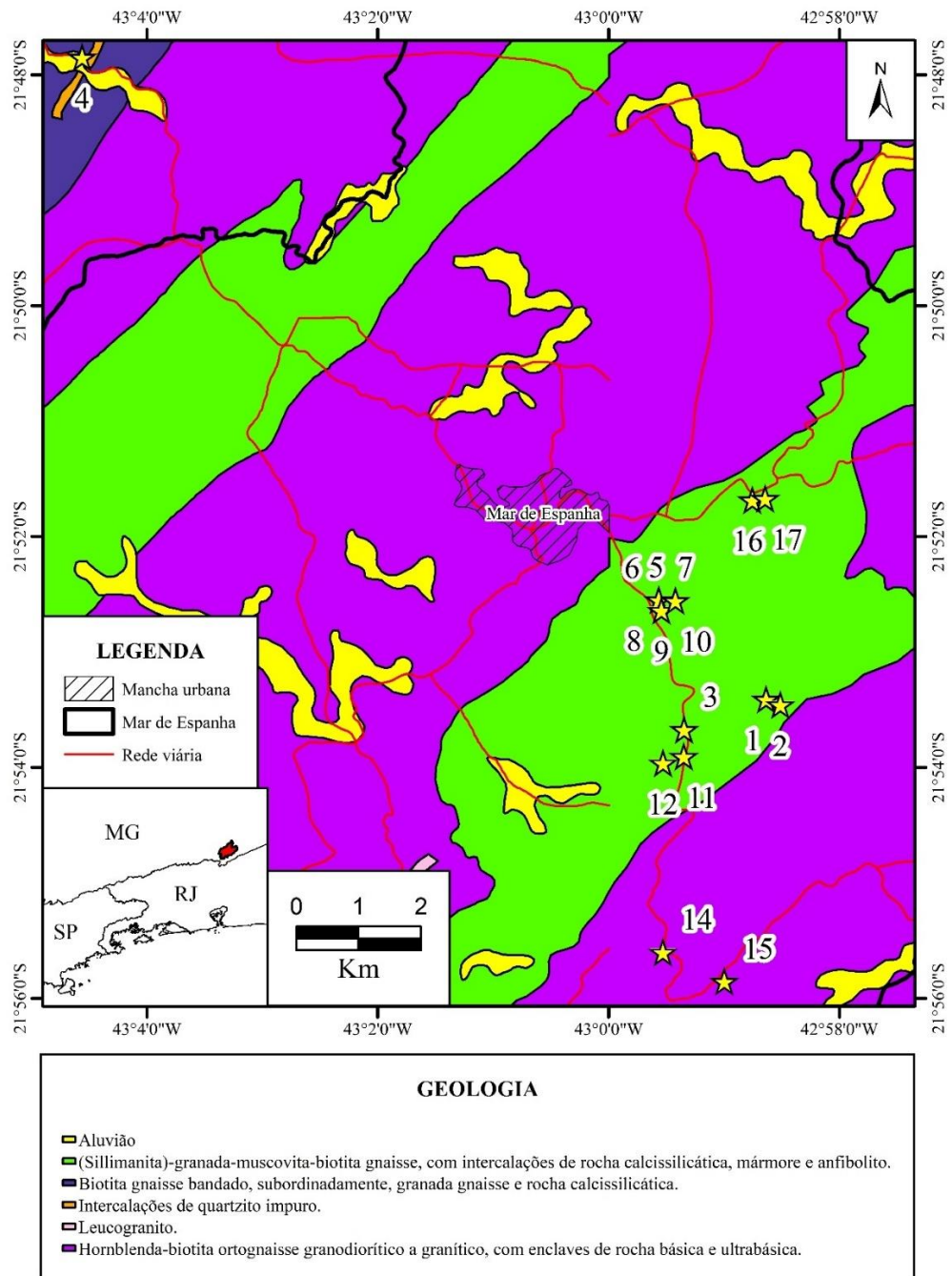
WEAVER, C.E. *Clay, Muds, and Shales*. Amsterdam: Elsevier. 819p. 1989.

WILSON, I.R.; SOUZA SANTOS, H.; SOUZA SANTOS, P. Caulins brasileiros: alguns aspectos da geologia e da mineralogia - Brazilian kaolins: some aspects of the geology and mineralogy. *Cerâmica*. vol.44. n.287-288. 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69131998000400003>>. Acesso em: 10/03/2016.

ZANGUE, V.; SANTOS, D.A.; BABY, A.R.; VELASCO, M.V.R. Argilas: Natureza nas Máscaras Faciais. *Cosmetics & Toiletries*. São Paulo. v.19. p.64-66. jul-ago 2007.

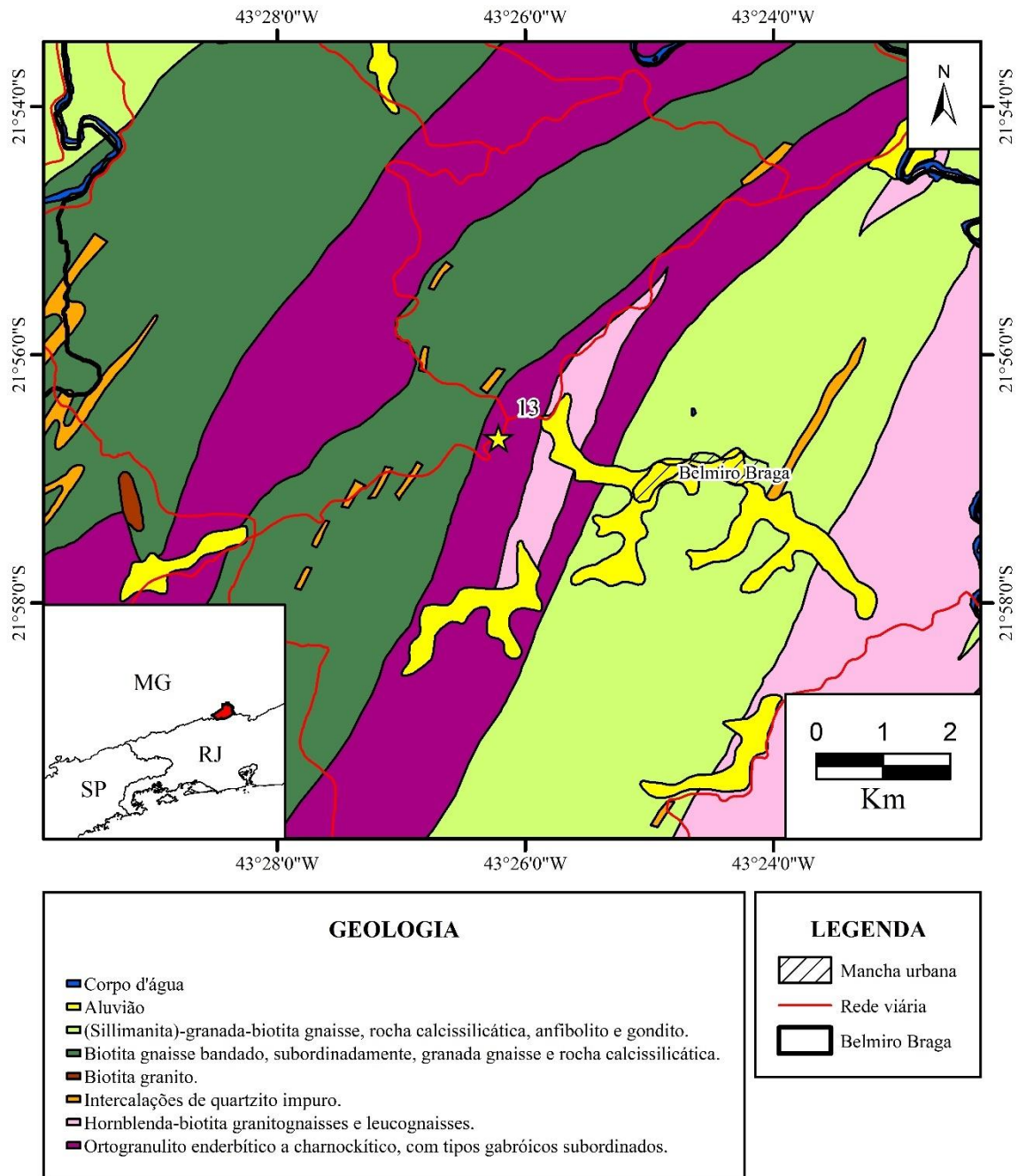
ZATTA, L. Argilominerais modificados como catalisadores para reações de esterificação de ácidos graxos. 175p. 2013. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34806/R%20-%20T%20-%20LEANDRO%20ZATTA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10/03/2016.

APÊNDICE A Mapa geológico da área de estudo de Mar de Espanha (ME).



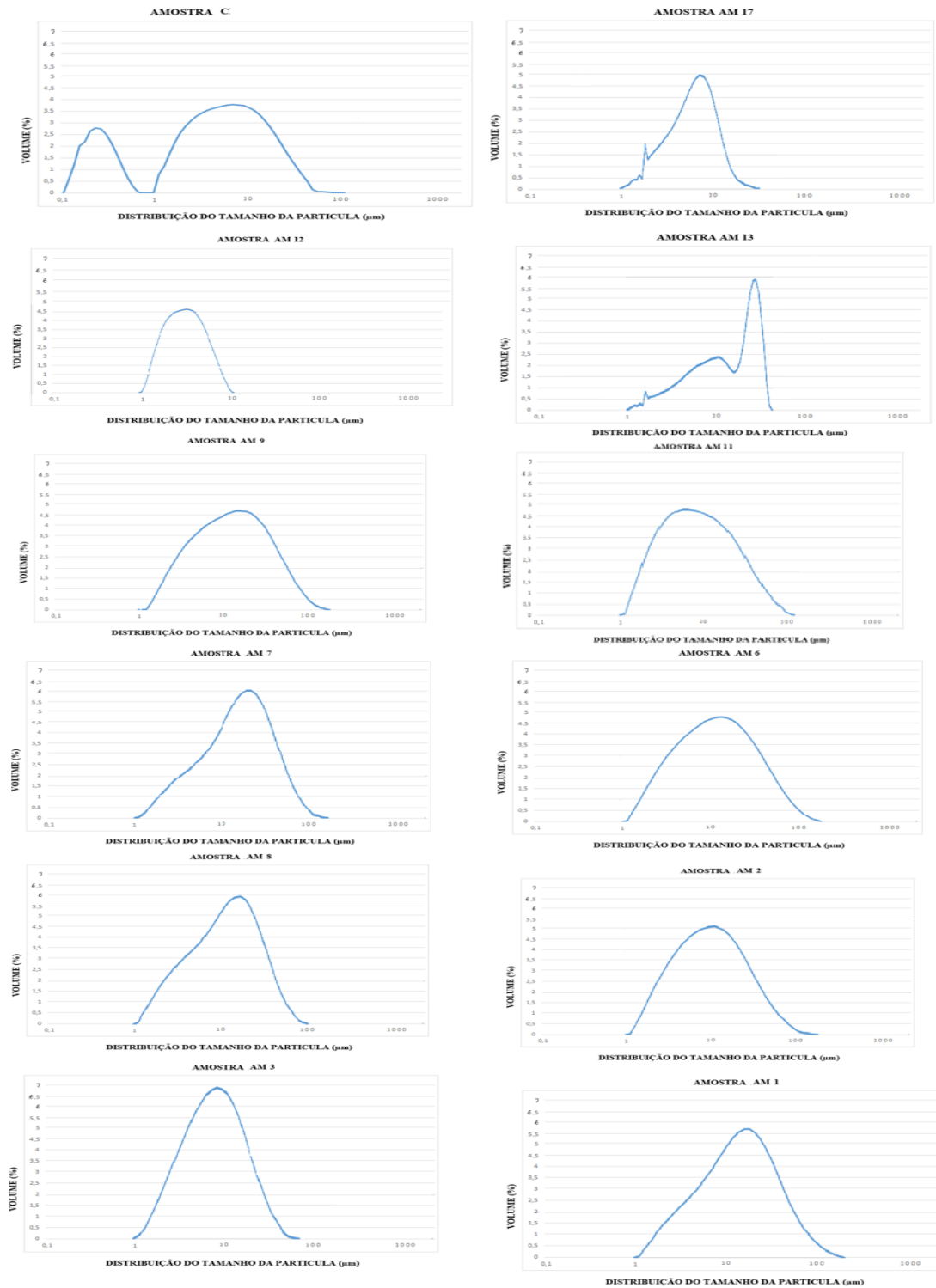
Fonte: O autor, 2019.

APÊNDICE B Mapa geológico da área de estudo de Belmiro Braga (BB).



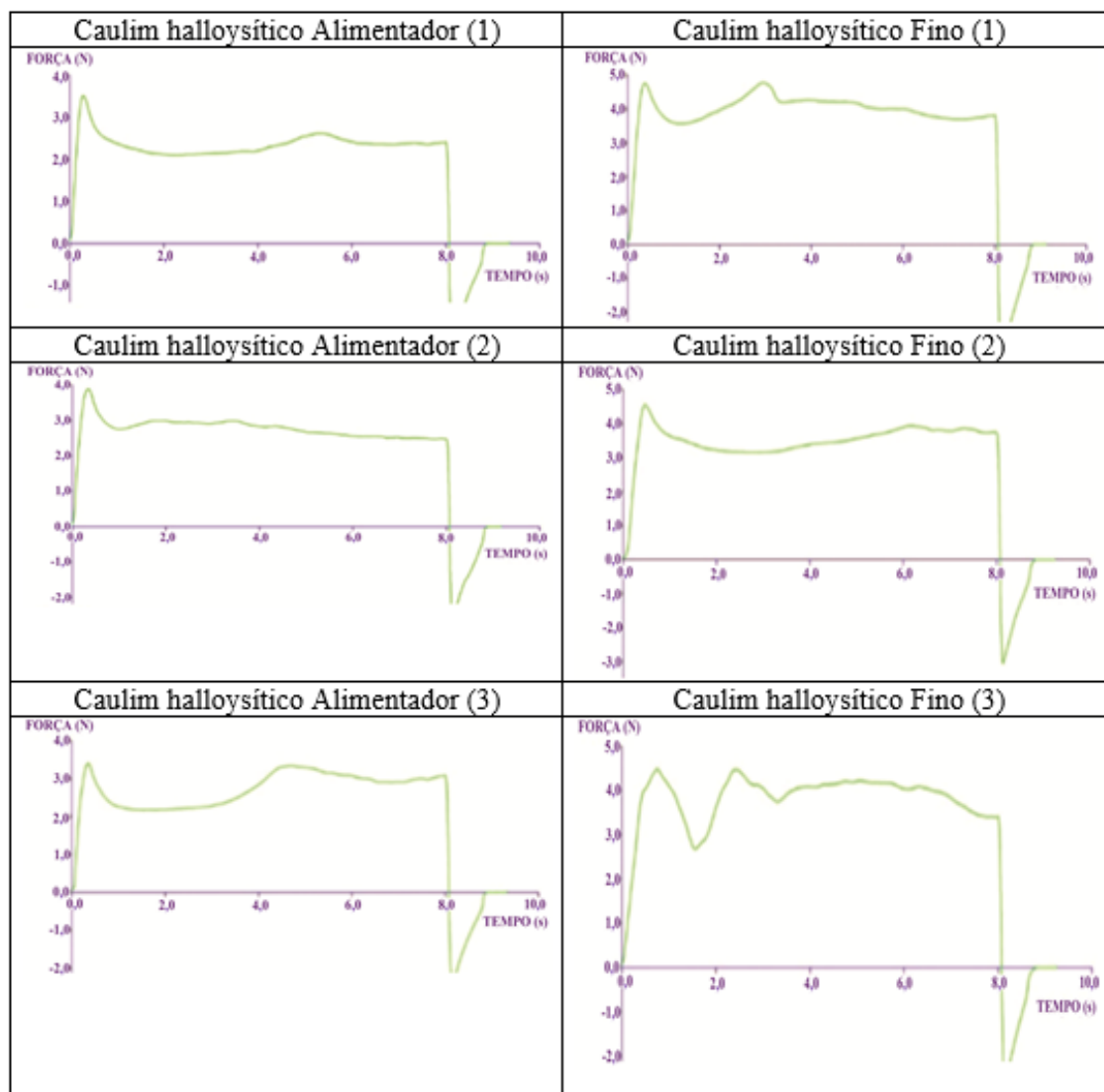
Fonte: O autor, 2019.

APÊNDICE C Diagramas de distribuição granulométrica de todas as amostras.



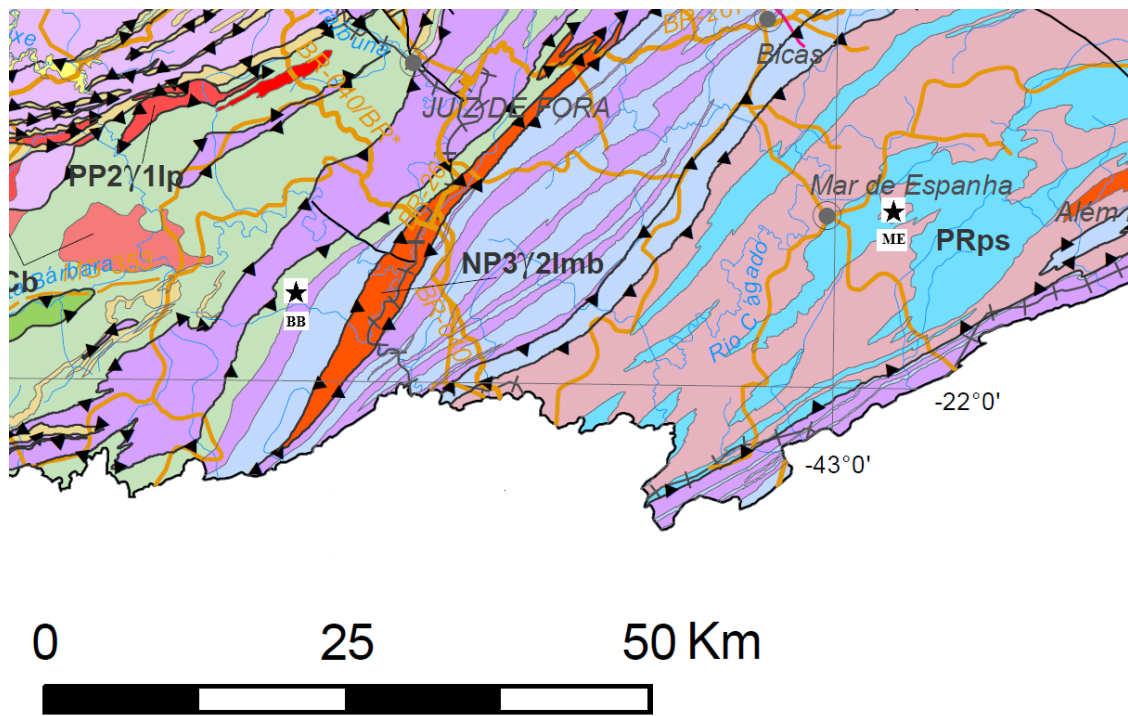
Fonte: O autor, 2019.

APÊNDICE D Análises de textura para o caulim halloysítico alimentador e fino, onde é medido a força de penetração (N) ao longo do tempo (s).



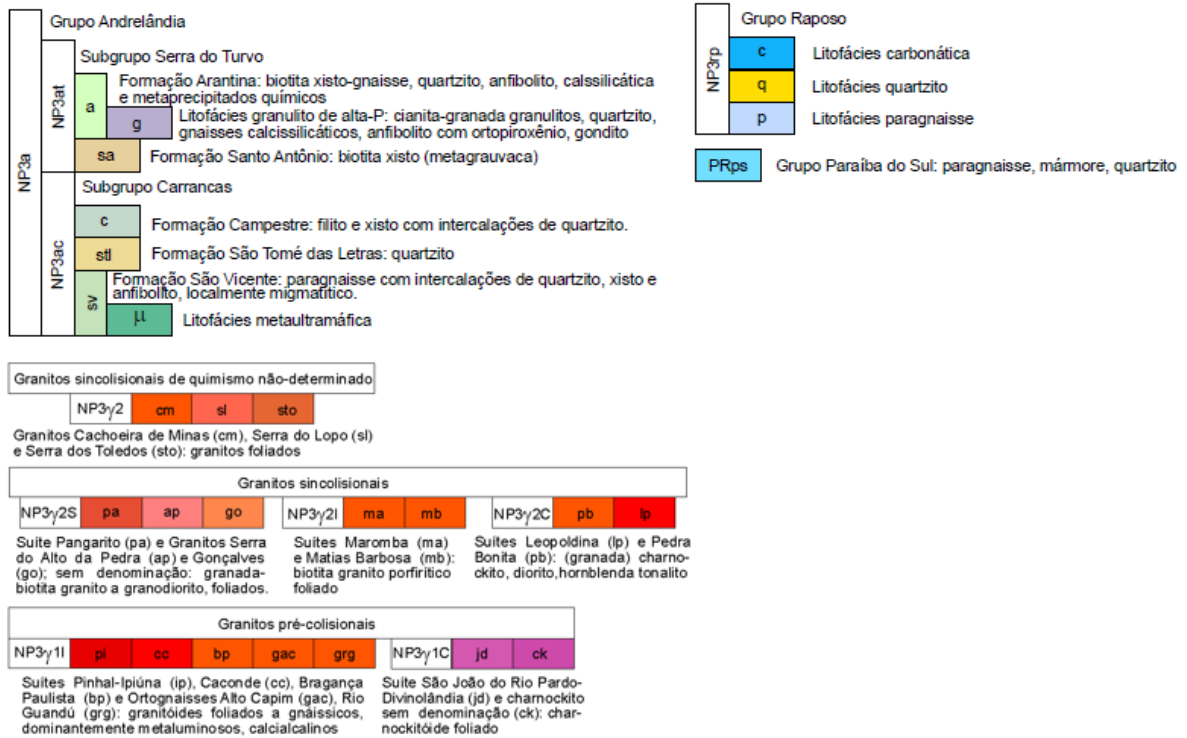
Fonte: O autor, 2019.

ANEXO – Mapa geológico da área de estudo.



Legenda:

★ (ME) - MAR DE ESPANHA ★ (BB) - BELMIRO BRAGA



Fonte: Modificado de CPRM, 2014.