



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO NA PRODUÇÃO DE AGREGADOS DE ARGILA CALCINADA: CARACTERIZAÇÃO E VIABILIDADE

Murilo Miguel Narciso¹; Lisley Madeira Coelho¹; Antônio Carlos Rodrigues Guimarães¹

RESUMO

O uso de argila para produção de material pétreo por meio do aquecimento a altas temperaturas data desde os primeiros povos. Os agregados de argila calcinada apresentam temperaturas de aquecimento de 600°C a 1100°C e demonstram boas perspectivas de resistência mecânica. A utilização do Agregado Artificial de Argila Calcinada (AAAC) é benéfica por ser uma alternativa à brita em locais remotos, como o norte do Brasil, onde o transporte é caro. Com o intuito de contribuir para a investigação das propriedades físicas e a viabilidade da produção de agregados artificiais de argila calcinada, integrando rejeitos de mineração, esta pesquisa conduziu uma série de ensaios de caracterização física e mineralógica de solo arenoso, proveniente da cidade de Itacoara, Rio de Janeiro, solo argiloso, coletado na região de Dourados, Mato Grosso do Sul e rejeito de mineração de ferro, proveniente de Itabirito, região central de Minas Gerais. Os resultados destacaram a influência significativa da composição da mistura, especialmente a presença de solo arenoso e argiloso, no processo de extrusão e calcinação. Observou-se que a proporção adequada de solo argiloso favorece a trabalhabilidade do material, enquanto um alto teor de solo arenoso pode comprometer o processo. Concluiu-se que é crucial considerar a mineralogia da mistura, evitando proporções excessivas de solo arenoso e rejeito para garantir as propriedades necessárias para a produção cerâmica do agregado.

PALAVRAS-CHAVE: Argila Calcinada, Rejeito de Mineração do Ferro, Agregado Artificial.

ABSTRACT

The use of clay for the production of stone material through high-temperature heating dates back to ancient civilizations. Calcined clay aggregates are subjected to temperatures ranging from 600°C to 1100°C and demonstrate promising mechanical strength. The utilization of Artificial Calcined Clay Aggregate (ACCA) proves beneficial as an alternative to gravel in remote locations, such as northern Brazil, where transportation costs are high. In order to contribute to the investigation of the physical properties and feasibility of producing artificial calcined clay aggregates by incorporating mining wastes, this research conducted a series of physical and mineralogical characterization tests on sandy soil from Itacoara, Rio de Janeiro, clayey soil from Dourados, Mato Grosso do Sul and iron mining tailings from Itabirito, central region of Minas Gerais. The results underscored the significant influence of mixture composition, particularly the presence of sandy and clayey soils, on the extrusion and calcination process. It was observed that an appropriate proportion of clayey soil enhances material workability, while a high content of sandy soil may hinder the process. Thus, it is concluded that careful consideration of the mixture's mineralogy is crucial, avoiding excessive proportions of sandy soil and mining waste to ensure the necessary properties for ceramic aggregate production.

KEY WORDS: Calcined Clay, Iron Mining Waste, Artificial Aggregate.

¹ Instituto Militar de Engenharia, IME/RJ, murilomn58@ime.eb.br; madeiralisley@gmail.com; guimaraes@ime.eb.br



INTRODUÇÃO

A utilização de argila para a produção de materiais pétreos através do aquecimento a altas temperaturas remonta aos tempos antigos, como mencionado em Gênesis 11:3. A argila é um material amplamente distribuído no mundo, barato e facilmente acessível. Ao mesmo tempo, é um material com grande diversidade em termos de composição mineralógica, o que levou a inúmeras obras dedicadas à análise da possibilidade de utilizar argilas de depósitos específicos. Portanto, é necessário investigar qual a estrutura e os argilominerais presentes por meio de caracterização mineralógica, de forma a aquecer com os parâmetros de temperatura corretos a argila, de forma a obter maior atividade pozolânica e cimentícia do material (NAWEL; MOUNIR; HEDI 2020) (TIRONI et al., 2012).

Os agregados de argila calcinada, submetidos a temperaturas de aquecimento entre 600°C e 1100°C, demonstraram na pesquisa de CABRAL (2005), por exemplo, enquadramento nas propriedades mecânicas recomendadas na bibliografia. Assim, torna-se favorável o emprego de Agregados Artificiais de Argila Calcinada (AAAC) (CABRAL, 2005).

Atualmente, destacam-se dois principais benefícios do uso de AAAC. Na região norte do Brasil, o setor da construção civil enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao transporte de material britado, como agregados graúdos para concreto ou para utilização em pavimentação, incluindo em camadas de bases de pavimentos rodoviários. Esta situação foi explorada por Barbosa; Marques e Guimarães (2018) no estado do Acre. A exploração de jazidas de argila para a produção de agregados emerge como uma alternativa viável e economicamente vantajosa, especialmente em áreas remotas, onde o transporte de materiais tradicionais é dispendioso. Nesse contexto, o conhecimento técnico sobre o uso de argila calcinada torna-se de grande relevância.

Além dos benefícios anteriormente mencionados, destaca-se outra vantagem significativa, especialmente diante dos crescentes incidentes envolvendo o rompimento de barragens de rejeitos no Brasil. Entre 1996 e 2005, a mineração gerou aproximadamente 2,180 bilhões de toneladas de rejeitos, com a mineração de ferro se destacando como a maior contribuinte nesse aspecto (FRIBER et al., 2023). Nesse contexto, a busca por soluções sustentáveis para a reutilização ou disposição adequada desses rejeitos torna-se crucial.

Estudos como os realizados por Cabral (2005), que explorou uma abordagem industrial para a produção de agregado calcinado de argila, e Nascimento (2005), que utilizou o agregado em misturas solo-agregado e asfálticas, já demonstraram maneiras viáveis de incorporar a argila calcinada em pavimentação. Portanto, nesta pesquisa, planeja-se explorar a inclusão dos rejeitos no processo, seja na forma de partículas arenosas ou de lama vermelha, visando promover sua reutilização de maneira sustentável.

Dessa forma, este estudo, visa aprofundar a caracterização dos fatores e das características que influenciam as propriedades desses materiais, buscando contribuir para um melhor entendimento e utilização sustentável desses recursos.

MATERIAIS E MÉTODOS



Para produção de cerâmica vermelha a distribuição granulométrica é de fundamental importância para a composição das massas plásticas que passarão pelos processos de extrusão e queima. Para este tipo de aplicação considera-se que as argilas são compostas por material argiloso (plástico) e material não plástico. As argilas plásticas, denominadas na indústria cerâmica de “argilas gordas”, apresentam granulometria menor que $2\ \mu\text{m}$. A predominância destas argilas nas massas cerâmicas torna o processamento bastante complicado. Apresentam alta plasticidade, porém precisam de uma quantidade maior de água para desenvolvê-la completamente. Com isso ocorre um aumento de umidade no interior do produto, que provoca fortes retrações e deformações (PRACIDELLI; MELCHIADES, 1997).

Os materiais não plásticos, representados essencialmente por areias, micas, óxidos de ferro e outros, atuam como agentes desplastificantes nas composições, reduzindo o grau de compactação da massa, com diminuição da plasticidade das argilas. Sua presença reduz as contrações tanto no processo de secagem como de queima. Para que possam agir com eficácia sobre as características das argilas devem apresentar granulometria acima de $60\ \mu\text{m}$ e ser usadas em quantidades moderadas.

Diante do exposto, para a produção dos AAC, serão utilizados um solo arenoso, proveniente da cidade de Itacoara, Rio de Janeiro, misturado com um rejeito da mineração de ferro, proveniente de Itabirito, região central de Minas Gerais, conhecida por sua intensa atividade de extração mineral e um solo argiloso, coletado na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, que provém do aterro de uma obra municipal.

Extrusão e Calcinação

Para o processo de extrusão da mistura, utilizou-se uma pequena maromba elétrica extrusora disponível no laboratório de solos do Instituto Militar de Engenharia (IME). As amostras extrudadas foram então cortadas com fio de nylon para garantir as dimensões desejadas. Posteriormente ao corte, as amostras foram deixadas para secar ao ar livre por 72 horas antes de prosseguir para o processo de calcinação.

Na etapa de calcinação, utilizou-se uma Mufla disponível no laboratório de geotecnia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), a temperatura de calcinação de 1100°C , com uma temperatura de patamar de 30 minutos e uma taxa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$. A Figura 1 ilustra as etapas de preparação das amostras.



Figura 1. Equipamentos utilizados na extrusão e calcinação. a) Forma para mistura; b) Maromba elétrica; c) Fio de Nylon; d) Formas de metal para secagem; e) e f) Forno Mufla para calcinação à 1100C.

Caracterização Física

Os solos e o rejeito utilizados nessa pesquisa foram caracterizados por ensaios de granulometria por peneiramento NBR 7180 (ABNT, 1984) e sedimentação NBR 7181 (ABNT, 1984), densidade Real NBR 6508 (ABNT, 1984), teor de umidade NBR 6457 (ABNT, 2016) e limites de consistência NBR 6459 (ABNT, 1984) / NBR 7180 (ABNT, 1984).

Além disso, recorreu-se ao diagrama de Winkler para a classificação da qualidade do solo destinado à calcinação e produção do material cerâmico. O diagrama é utilizado nos estudos de granulometria para cerâmica, definindo zonas de granulometria mais adequadas para os produtos de cerâmica vermelha. O método utiliza os resultados da análise granulométrica por peneiramento e sedimentação para determinar a proporção do solo que se enquadra em três categorias distintas: partículas com diâmetro inferior a 2 micrômetros (fração argilosa), entre 2 e 20 micrômetros (fração siltosa) e superior a 20 micrômetros (fração arenosa).

Com base em pesquisas prévias realizadas no IME, conforme mencionadas por Cabral (2005), foram estabelecidos dois critérios para a definição de uma argila calcinada como sendo de alta qualidade: (i) Índice de Plasticidade (IP) superior a 15%; e (ii) granulometria em conformidade com o diagrama de Winkler. A Figura 2 mostra o diagrama granulométrico de Winkler e na Figura 3 são apresentadas as composições granulométricas de acordo com o diagrama.

Para os testes preliminares, Cabral (2005) se fundamentou em pesquisas conduzidas pelo IME, que indicavam os dois seguintes critérios para um agregado de argila calcinada de alta qualidade:

1. Índice de Plasticidade (IP) superior a 15%.
2. Granulometria conforme o diagrama de Winkler.

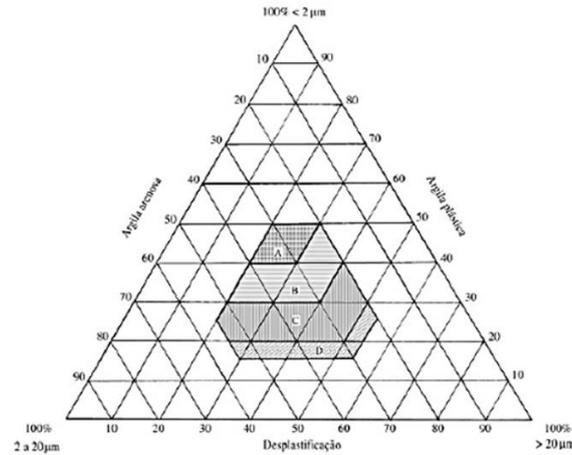


Figura 2. Triângulo do Diagrama de Winkler (PRACIDELLI; MELCHIADES, 1997)

Regiões	Composição granulométrica		
	2 μm	2 a 20 μm	20 μm
Tipos de produtos			
A - Materiais de qualidade	40 a 50	20 a 40	20 a 30
B - Telhas, capas	30 a 40	20 a 50	20 a 40
C - Tijolos furados	20 a 30	20 a 55	20 a 50
D - Tijolos maciços	15 a 20	20 a 55	20 a 55

Fonte: PRACIDELLI e MELCHIADES, 1997; MOTTA et al., 2001.

Figura 3. Granulometria dos produtos de cerâmica vermelha, de acordo com o Diagrama de Winkler (PRACIDELLI; MELCHIADES, 1997).

Caracterização Mineralógica

Os difratogramas de raios X dos solos e rejeito estudados, obtidos pelo método do pó, foram examinados em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, disponível no laboratório de materiais do IME com as seguintes configurações operacionais: radiação $\text{Co K}\alpha$ (40 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ 2\theta$ por passo com um tempo de contagem de 0,5 segundos por passo, abrangendo um intervalo de 4 a $80^\circ 2\theta$, com o detector LynxEye sensível à posição. As interpretações qualitativas dos espectros foram realizadas por meio de comparação com padrões disponíveis no banco de dados do software X'Pert HighScore Plus. A Figura 4, apresenta as amostras de cada material que foram posteriormente submetidas à análise por DRX.



Figura 4. Amostra dos materiais para o DRX.

Caracterização Das Amostras Da Argila Calcificada

Após a etapa de mistura, composta por solo arenoso (24,6%) + rejeito de mineração (33,4%) + solo argiloso (42,0%), seguida pelo procedimento de extrusão e calcinação, as amostras de AAAC foram encaminhadas para os ensaios de caracterização física e mecânica de agregados. Para avaliar a qualidade física dos agregados, foram realizados testes de absorção e densidade do agregado graúdo, conforme especificações do DNER 081/98 (1998). Além disso, para determinar a resistência mecânica dos agregados frente ao choque, os ensaios de perda ao choque foram conduzidos utilizando o aparelho Treton, seguindo os parâmetros estabelecidos pelo DNER 399/99 (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização Do Solo Arenoso(A1)

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização física do solo arenoso (A1), e a Figura 5 apresenta sua respectiva curva granulométrica.

Tabela 1. Caracterização física do solo A1.

Ensaio	Resultado
Densidade	2,69 g/cm ³
Limite de Liquidez	43,4%
Limite de Plasticidade	34,1%
Índice de Plasticidade (IP)	9,3%

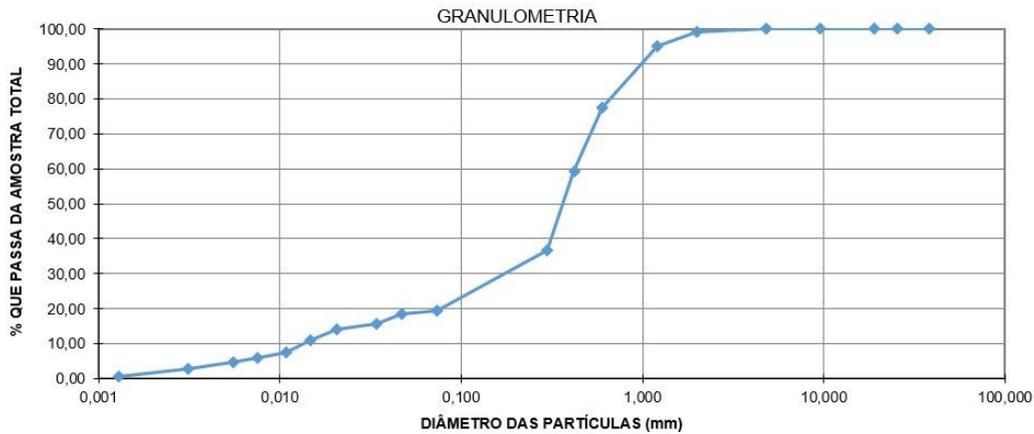


Figura 5. Curva granulométrica do solo A1.

A Tabela 2 apresenta a caracterização mineralógica do solo A1.

Tabela 2. Caracterização mineralógica do solo A1.

Amostra	Elementos presentes	Geometria
A1 (Solo Arenoso)	*Quartzo - Óxido de Silício (SiO_2)	Hexagonal
	* Hematita - Óxido de Ferro (Fe_2O_3)	Romboédrica

Caracterização Do Rejeito(A2)

A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização física do rejeito (A2). Ao contrário do solo A1 o rejeito foi avaliado granulometricamente apenas pelo ensaio de sedimentação pois o material era todo passante na peneira 200. Sua curva granulométrica é apresentada na Figura 6. A respectiva caracterização mineralógica é apresentada na Tabela 4.

Tabela 3. Caracterização física do solo A2.

Ensaio	Resultado
Densidade	3,36g/cm ³
Limite de Liquidez	43,9%
Limite de Plasticidade	31,0%
Índice de Plasticidade (IP)	12,9%

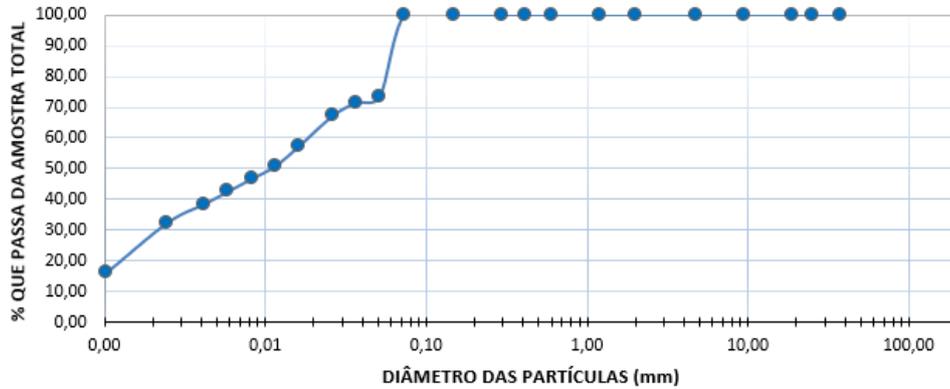


Figura 6. Curva de sedimentação para o rejeito A2.

Tabela 4. Caracterização mineralógica do composto A2.

Amostra	Elementos presentes	Geometria
A2 (Rejeito)	*Hematita - Óxido de Ferro (Fe_2O_3)	Romboédrica
	*Hydrohematita - ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)	-
	*Moissanita - Carbeto de Silício (SiC)	Cúbica
	*Kaolinita - Hidróxido de Silicato de Alumínio ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)	Monoclínica

Caracterização Do Solo Argiloso(A3)

A Tabela 5 apresenta os resultados da caracterização física do solo (A3). Da mesma forma que o rejeito, o solo A3 (argiloso) foi avaliado granulometricamente pelo ensaio de peneiramento e sedimentação, sua curva de granulometria é apresentada na Figura 7. A caracterização pelo DRX é apresentada na Tabela 6.

Tabela 5. Caracterização física do solo argiloso (A3).

Ensaio	Resultado
Densidade	2,77 g/cm ³
Limite de Liquidez	43,9%
Limite de Plasticidade	31,0%
Índice de Plasticidade (IP)	12,9%

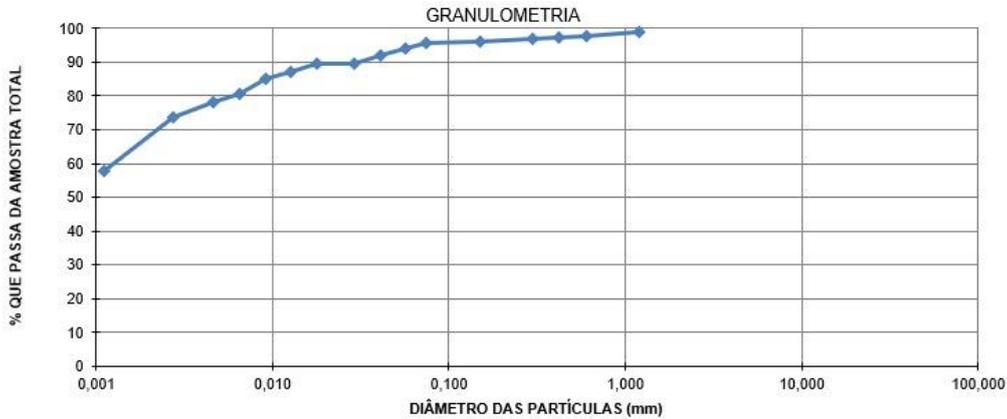


Figura 7. Curva granulométrica do solo A3.

Tabela 6. Caracterização mineralógica do solo A3.

Amostra	Elementos presentes	Geometria
A3 (Solo Argiloso)	*Hematita - Óxido de Ferro (Fe_2O_3)	Romboédrica
	*Quartzo - Óxido de Silício (SiO_2)	Hexagonal
	*Caulinita - Alumínio Silicato Hidroxilado ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)	Anortica
	*Hidrohematita - Óxido de Ferro Hidratado ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$)	-

Nota-se que o argilomineral predominante em todas as amostras foi a Hematita, que é um mineral que faz parte de solos de regiões tropicais e subtropicais e confere a cor vermelha aos solos.

Classificação de Winkler

Com relação a aplicação como material cerâmico, baseado nos dados do diagrama de Winkler (Figura 8) e de acordo com os parâmetros apresentados na Figura 3, a mistura (A1-24,6%; A2-33,4%; A3-42,0%) apresenta concentrações na faixa limiar entre a região B e C, sendo a composição granulométrica deste ponto, ilustrado em vermelho na Figura 8, escolhida por ser considerada um material cerâmico bom para telhas e capas, bem como para tijolos furados.

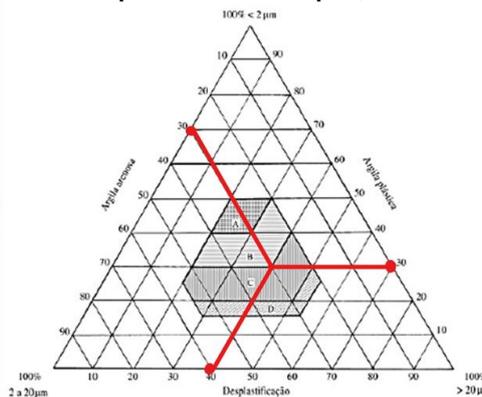


Figura 8. Diagrama de Winkler da mistura.



Seguindo as diretrizes de Cabral (2005), é importante que a mistura calcinada tenha um índice de plasticidade acima de 15%. No entanto, ao examinar o solo A3, que compõe a maior parte (42%) da mistura, observamos que o índice de plasticidade resultante da combinação de solo arenoso, rejeito e argila foi de 12,9%. Isso significa que, embora a mistura atenda a um critério, não atende ao critério principal estabelecido por Cabral (índice de plasticidade >15%).

Caracterização Do AAAC Produzido

Na Figura 9 é apresentada a característica visual do rejeito calcinado e a Tabela 8 apresenta os resultados da caracterização física e uma comparação com valores normatizados (DNER EM 230/94) e encontrados por Cabral (2005) e Barbosa; Marques e Guimarães (2018), sendo que ambos também realizaram pesquisas com argila calcinada.



Figura 9. Agregado após calcinação em 1100°C em forno mufla.

Tabela 8. Resultados da mistura areno-rejeito-argila em comparação com limites prescritos pela norma DNER -EM 230/94, e resultados encontrados por Cabral (2005) do Barbosa; Marques e Guimarães (2018).

Tipo de Ensaio	Limite DNER EM 230/94 [17]	Limite Met. Cabral (2005) [9]	Limite Met. Barbosa; Marques e Guimarães (2018) obtido em 1100°C (2018)	Valores obtidos na mistura à 1100°C
Absorção	-	≤ 18	2,8	11,5
Massa específica aparente	-	-	2,2	1,6
Massa unitária	≥ 0,8	-	1,3	-
Perda após fervura	≤ 10	≤ 6	0,4	-
Perda ao choque Treton	-	≤ 60	22,2	71,3
Desgaste por abrasão Los Angeles	≤ 45	≤ 50	22,8	-

De acordo com a Tabela 8, a mistura areno-rejeito-argilosa estudada, apresentou valor de absorção superior em relação aos valores de Barbosa; Marques e Guimarães (2018), porém dentro das perspectivas de limites apresentadas por Cabral (2005). Além disso, de acordo com o limite mínimo



descrito por Cabral (2005) de perda ao choque Treton a mistura estudada não se enquadra. Os ensaios de massa unitária, perda após fervura e desgaste por abrasão Los Angeles não puderam ser realizados devido à falta de amostra disponível para a pesquisa, já que esses testes exigem uma quantidade maior de solo.

A tentativa de produzir uma mistura baseada unicamente na granulometria adequada para a calcinação de materiais cerâmicos, conforme o diagrama de Winkler e o índice de plasticidade (IP) do material, não foi trivial. O método proposto por Winkler para a granulometria dos solos adequados à produção de cerâmica é direcionado para misturas majoritariamente compostas por solos argilosos, e na presente pesquisa utilizou-se uma mistura de areia, argila e rejeito. Dessa forma, misturas que não sejam em sua maioria compostas por solos argilosos, não conseguem ser classificadas exclusivamente pelos métodos utilizados nesse estudo.

CONCLUSÕES

Com o intuito de contribuir para a investigação das propriedades físicas e a viabilidade da produção de agregados artificiais de argila calcinada, integrando rejeitos de mineração, esta pesquisa conduziu uma série de ensaios de caracterização física e mineralógica. Foram analisados solo arenoso, solo argiloso e rejeito de mineração de ferro, além da avaliação da mistura desses materiais e dos processos de extrusão e calcinação. Essa abordagem permitiu uma compreensão das características dos materiais envolvidos e seu potencial de aplicação como agregados artificial calcinado. Assim, algumas observações importantes podem ser destacadas:

Observou-se que durante o processo de modelagem do agregado, devido a alta percentagem de solo arenoso presente na mistura, ocorreu uma dificuldade no processo de extrusão. Além disso, uma baixa quantidade de argila dificultou as características plásticas do material. Uma maior presença de solo argiloso, conforme pesquisa de Friber *et al.* (2023), demonstra maior facilidade de extrusão e maior índice de plasticidade.

O índice de plasticidade tem influência direta na viabilidade de realização do procedimento de extrusão e calcinação. Visto que, apesar de estar adequada ao diagrama de Winkler, e o IP estar próximo ao limite mínimo de 15% proposto por Cabral (2005), a mistura não apresentou condições de manuseio viáveis para a realização do procedimento de extrusão.

Diante dessas observações, conclui-se ser essencial analisar a mineralogia da mistura, garantindo que as frações de solo arenoso fino e rejeito não ultrapassem preferencialmente 20%, para não comprometer as propriedades de trabalhabilidade e produção cerâmica da argila. Para futuras pesquisas, sugere-se: uma revisão da metodologia proposta, com maior detalhamento das fases de produção e uso do AAC e uma busca por normas técnicas adaptadas aos agregados porosos e absorvente, focando na avaliação do desempenho em vez de especificações genéricas voltadas para agregados de rochas britadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 7180. Solo – **Análise granulométrica.**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 6459. Solo – **Determinação do limite de liquidez.**



ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 7180. Solo **Determinação do limite de plasticidade.**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 7181. Solo – **Análise granulométrica por sedimentação.**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2016. NBR 6457. Solo – **Teor de umidade.**

Barbosa, V.H.R., Marques, M.E.S., & Guimarães, A.C.R. (2018). **Mineralogical characterization of a soil in acre for the production of artificial calcined clay aggregates.** *Matéria*, 23, e-12181. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0515>.

CABRAL, G. L. L. **Metodologia de produção e emprego de agregados de argila calcinada para pavimentação.** (2005). 358 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1998. ME 081/98 – Agregados – **determinação da absorção e da densidade do agregado graúdo.** Rio de Janeiro, RJ.

DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1999. ME 399/99 – Agregados – **determinação da perda ao choque no aparelho Treton.** Rio de Janeiro, RJ.

Friber, Marcio & Guimarães, Antônio & Martins, Camila & Soares, Jefferson. (2023). **Study of the Mining Waste in the Production of Calcined Aggregate for Use in Pavement.** *Minerals*. 13. 1543. <http://dx.doi.org/10.3390/min13121543>.

NASCIMENTO, R. R. **Utilização de agregados de argila calcinada em pavimentação: uma alternativa para o estado do Acre.** 2005. 165 p. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Nawel, S.; Mounir, L.; Hedi, H. **Effect of temperature on pozzolanic reaction of Tunisian clays calcined in laboratory.** *SN Appl. Sci.* 2020, 2, 157.

POLIVANOV, H., MOTTA, L. M. G., MODESTO, F. B. F., BARROSO, E. V. **Argilas calcinadas para uso em pavimentos rodoviários.** *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*. Nº 04, 2015

PRACIDELLI, Sebastião, MELCHIADES, Fábio G. **Importância da composição granulométrica de massas para a cerâmica vermelha.** *Cerâmica Industrial*, v.2, n. 12, p. 31-35, Janeiro/Abril 1997.

Tironi, A.; Trezza, M.A.; Scian, A.N.; Irassar, E.F. **Kaolinitic calcined clays: Factors affecting its performance as pozzolans.** *Constr. Build. Mater.* 2012, 28, 276 281.