



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



ESTUDO DE PLACAS CIMENTÍCIAS COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS

**SUELLE PATRÍCIA DA SILVA COSTA
VALTER FERREIRA DA SILVA**

**Belém – PA
2026**

**SUELLE PATRÍCIA DA SILVA COSTA
VALTER FERREIRA DA SILVA**

ESTUDO DE PLACAS CIMENTÍCIAS COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro

**Belém - PA
2026**

**SUELLE PATRÍCIA DA SILVA COSTA
VALTER FERREIRA DA SILVA**

ESTUDO DE PLACAS CIMENTÍCIAS COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS

Belém, 24 de Fevereiro de 2026

Profa. Luciana Cordeiro
Dra. pela UFRGS
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro **(UFPA)**
Dra. pela UFRGS

Prof. Felipe de Sá Moreira **(UFPA)**
Dr. pela UFPA

Msc. Messias Bezerra Barbosa **(UFPA)**
Msc. pela UFPA

CONCEITO FINAL: _____

ESTUDO DE PLACAS CIMENTÍCIAS COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS

Suelle Patrícia da Silva Costa (1)

Valter Ferreira da Silva (2)

(1) Universidade Federal do Pará

(2) Universidade Federal do Pará

RESUMO

A elevada geração de resíduos industriais no Brasil e o seu longo tempo de decomposição configuram uma problemática ambiental. Nesse contexto, este estudo avalia o desempenho de argamassas com substituição parcial de areia por resíduos rígidos de PVC (10%, 20% e 30%) em placas cimentícias. Foram verificadas propriedades nos estados fresco e endurecido, visando a sustentabilidade e a redução de impactos ambientais. Os resultados indicam que o traço com 10% de substituição é o mais equilibrado, mantendo a estanqueidade e durabilidade similares ao traço de referência, além de reduzir o peso da placa em cerca de 6%. Conclui-se que o uso de 10% de resíduo de PVC é ambientalmente viável, pois mitiga o descarte industrial e reduz em 9,5% a extração de agregados naturais, sem exigir processos complexos de beneficiamento, consolidando-se como uma alternativa sustentável para a construção civil.

Palavras-chave: Argamassas; Polímero PVC; estanqueidade; baixa densidade; Placas cimentícias.

ABSTRACT

The high generation of industrial waste in Brazil and its long decomposition time constitute an environmental problem. In this context, this study evaluates the performance of mortars with partial replacement of sand by PVC waste (10%, 20%, and 30%) in cementitious boards. Properties were verified in the fresh and hardened states, aiming at sustainability and the reduction of environmental impacts. The results indicate that the mix with 10% replacement is the most balanced, maintaining watertightness and durability similar to the reference mix, in addition to reducing the weight of the board by approximately 6%. It is concluded that the use of 10% PVC waste is environmentally viable, as it mitigates industrial waste and reduces the extraction of natural aggregates by 9.5%, without requiring complex beneficiation processes, thus establishing itself as a sustainable alternative for civil construction.

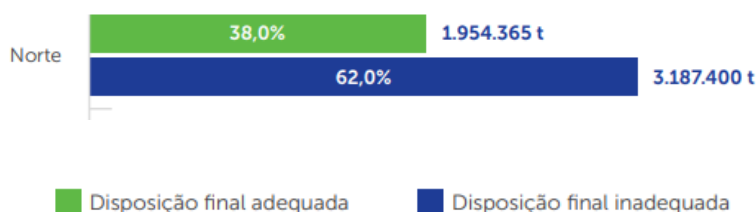
Keywords: Mortars; PVC polymer; watertightness; low density; Cementitious boards.

1. INTRODUÇÃO

É legítimo afirmar que, na indústria da construção civil, mantêm-se os processos rudimentares, tanto por barreiras formacionais, somado com receio em alterar um material válido por décadas (Guimarães, 2025). A busca por material sustentável é o desafio para quebrar este ciclo de desconfiança, trabalhos científicos que visam estudar tais características é de sumo valor neste ramo (Moura et al., 2018; Santos e Silva, 2019; Silva, 2020; Santos, 2020). Além de mitigar os eventuais desperdícios de materiais, podem colaborar em uma melhor praticidade e produtividade. Portanto, a sustentabilidade é o motor para o desenvolvimento da construção civil e ainda incentiva o equilíbrio do meio ambiente.

Segundo Khalid (2022), a tendência global de descarte e reutilização de materiais poliméricos são: o aterro sanitário, a incineração, a reciclagem mecânica, química e térmica, além de utilização em materiais compósitos. Na região norte do Brasil, o Resíduo Sólido Urbano (RSU) é enviado de maneira inadequada ao ambiente, conforme mostra a Figura 1, sendo que cerca de 60% desses resíduos são despejados de forma irregular, de acordo com o censo da Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023), fato que confirma sobre o cenário paraense, tendo em vista que os vazadouros a céu aberto, permanece sendo o principal lugar de disposição dos RSU (Conceição, 2022).

Figura 01: Disposição do RSU na região norte.



Fonte: ABREMA (2023)

No cenário da indústria de confecção de esquadrias de PVC, a empresa paraense geradora do material residual desta pesquisa, possui índice expressivo de descarte, onde o corte das barras de PVC, barras estas com tamanho de fábrica oriundos da indústria alemã, geram sobras. Tanto pelo contato com a serra quanto pelo acabamento da esquadria. Neste contexto, a problemática se intensifica pela

carência de alternativas que esta empresa enfrenta em alocar este resíduo de modo confiável ambientalmente, somado a isso, existe a expectativa de crescimento no mercado, ou seja, a tendência de aumento desse problema residual.

O polímero de PVC é composto por policloreto de vinila, na sua fabricação tem como materiais primários o etileno, oriundo da indústria petroquímica, o cloro, do mercado cloro-álcali trazido das salmouras e através da polimerização do cloreto de vinila (VCM) o PVC é constituído (Lima et al., 2023). Além disso, exclusivamente, o polímero de cor branca utilizado pela empresa estudada possui a incorporação de dióxido de titânio (TiO_2), tal incorporação se justifica pela proteção UV e estabilidade da cor (Salamander Brasil, 2025).

Dessa forma, em se tratando dos resíduos poliméricos PVC, possui um agravante, apresenta dificuldades de reciclagem térmica devido à presença de cloro em sua composição, limitando algumas rotas de destinação final (Lewandowski et al., 2022). Entretanto, pesquisas recentes apontam para a viabilidade de sua incorporação em matrizes cimentícias, seja como substituição parcial de agregados ou mesmo do cimento (Pan, Z. et al., 2022; Mouchrek et al., 2021; Kunthawatwong et al., 2023)

Nesse contexto, este artigo avalia o efeito do resíduo de PVC na estanqueidade das matrizes cimentícias. Estudos anteriores com a adição de diversos resíduos que contém PVC — como policloreto de vinila não plastificado (PVCNP) reciclado, policloreto de vinila expandido, PVC rígido (tubos hidráulicos) e flexível (cabos elétricos) — demonstraram que, embora os resultados reduzam a resistência mecânica das peças, exceto agregados de PVCNP, reiteram que a sua incorporação reduzem o peso da estrutura e servem para uma aplicação não estrutural, como contrapiso e divisórias. (El-Seidy et al., 2023; Latroch et al., 2018; Al-Noaimat et al., 2025; Merlo et al., 2020). Por esta razão, a incorporação do PVC em compósitos cimentícios é uma alternativa sustentável em sistemas de divisórias não estruturais.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo investigar a viabilidade técnica e ambiental de resíduos poliméricos em placas cimentícias.

- Avaliar o efeito do teor de resíduos poliméricos na dosagem de argamassa cimentícias;
- Avaliar o efeito do resíduo polimérico na produção de placas cimentícias;
- Avaliar as propriedades físicas e a estanqueidade de placas cimentícias com resíduos poliméricos; e
- Comparar o impacto ambiental das placas com e sem resíduos.

2. METODOLOGIA

2.1. MATERIAIS

Os materiais constituintes das placas cimentícias desenvolvidas nesta pesquisa são: cimento Portland tipo composto (CP II-32-F), Agregado Miúdo Natural (AMN), Agregado Miúdo Residual de PVC (AMRP), aditivo plastificante e água.

O cimento do tipo CP II-F utilizado atende às especificações da NBR 16697 (ABNT, 2018), tendo sido selecionado devido à sua ampla viabilidade comercial e eficácia em matrizes cimentícias. Quanto à sua massa específica, o valor foi adotado com base em trabalhos acadêmicos precedentes regionais que realizaram a caracterização do referido material. (Martins, 2020; Neto, 2020).

Para otimização da trabalhabilidade e redução da relação água/cimento, utilizou-se o aditivo plastificante líquido que atua como dispersante das partículas de cimento, melhorando a fluidez da mistura sem comprometer a coesão. Conforme dados do fabricante, o produto apresenta pH 10,5, densidade de 1,10 g/cm³ e solubilidade total em água.

Empregou-se areia de origem quartzosa, proveniente da região metropolitana de Belém. A caracterização física do agregado seguiu os parâmetros de massa específica NBR 16605 (ABNT, 2017), massa unitária NBR 16972 (ABNT, 2021) e

distribuição granulométrica NBR 17054 (ABNT, 2022), sendo classificado conforme os limites da NBR 7211 (ABNT, 2022).

O agregado miúdo reciclado de PVC proveniente dos cortes do disco de serra da empresa regional, gera em torno de 1 saco de 1m³ no período de 45 dias do material residual branco, sem levar em consideração os outros tipos de esquadrias que são produzidos. Em relação ao seu descarte, o resíduo é alocado para uma sucata, onde seu fim exato é desconhecido pela empresa. Após a captura do AMRP, realizou-se um peneiramento preliminar para separar fragmentos maiores na peneira 4,75mm, seguido a remoção manual de corpos indesejados. A Caracterização granulométrica seguiu as orientações da NBR 17054 (ABNT, 2022).

A determinação da massa específica aparente e da específica do agregado polimérico, adotou-se uma adaptação do procedimento descrito na NBR 6458 (ABNT, 2025), a escolha dessa norma fundamentou-se nas características do material analisado, uma vez que se trata de um polímero de densidade parecida com o da água, tornando o efeito do empuxo relevante na obtenção dos resultados. Dessa forma, foi necessário adaptar o procedimento de cálculo de massa imersa. Em substituição a balança hidrostática, utilizou-se o picnômetro, possibilitando a aferição indireta e consequentemente a determinação da massa específica do material. Por fim, a partir da massa na condição saturada, obteve-se o valor da massa unitária do agregado polimérico de PVC. Na Tabela 1 e Figura 2 estão os resultados das caracterizações dos agregados naturais e reciclados:

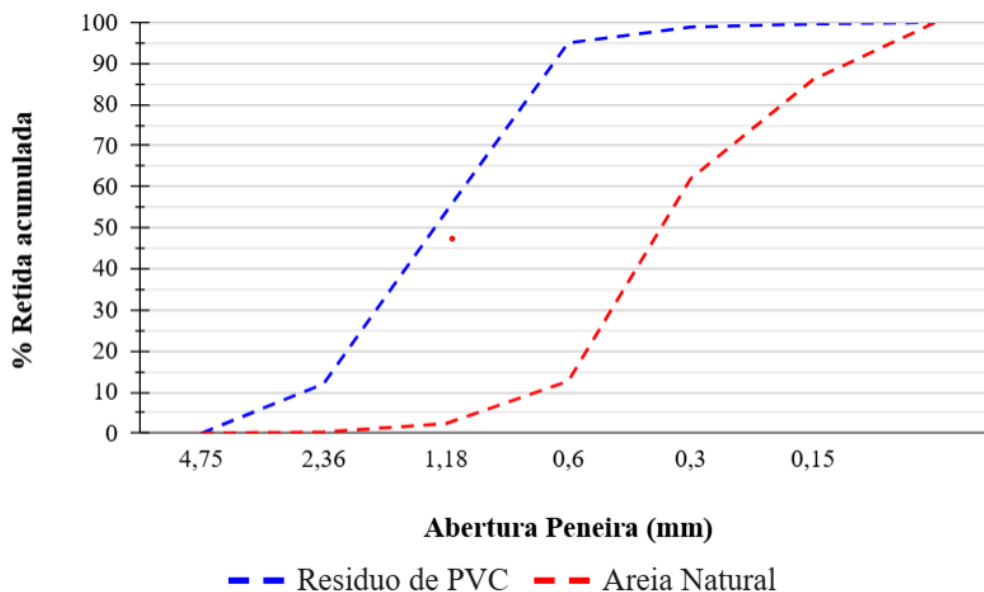
Tabela 01 - caracterização do agregado miúdo - procedimentos e resultados

MATERIAIS	PROPRIEDADES	NORMA UTILIZADA	MÉDIA DOS RESULTADOS
AREIA NATURAL	massa específica	NBR 16605 (ABNT, 2017)	2,62 g/cm ³
	massa unitária	NBR 16972 (ABNT, 2021)	1,62 g/cm ³
AREIA POLIMÉRICA	massa específica ¹	NBR 6458 (ABNT, 2025)	1,22 g/cm ³
	massa unitária ¹		0,31 g/cm ³

Fonte: Autores (2026)

1= método adaptado

Figura 02: Comparação granulométrica do polímero PVC e areia.



Fonte: Autores (2026)

2.2.1. Dosagem e produção das argamassas

Inicialmente definiu-se o traço de 1:3 (cimento: areia). A escolha por um traço rico, baseou-se na aplicação do material no sistema de vedação, o fator físico da argamassa é de suma importância, visto que se prioriza produtos de baixa permeabilidade. Dessa forma, para avaliar estes parâmetros físicos, as argamassas foram moldadas em formas quadradas de dimensões de 250x250x15mm, conforme parâmetros propostos pela NBR 15498 (ABNT, 2021).

A produção das placas cimentícias quadradas foi organizada em quatro séries experimentais, definidas em função do teor de substituição, em massa, da areia natural por areia de Resíduo Polimérico de PVC (RPPVC). Foram moldadas duas placas por traço, referência (0% RPPVC), além de misturas contendo teores de 10%, 20% e 30% de RPPVC, a substituição foi feita por compensação de volume, uma vez que a densidade dos materiais é diferente.

O processo de mistura se deu nas seguintes etapas, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 16541 (ABNT, 2016): mistura homogênea do cimento e AMN, e depois adição gradual de água e aditivo plastificante, misturou por 2 minutos, pausou o equipamento para retirar o excesso do fundo do recipiente com a colher de pedreiro para garantir a homogeneidade e a trabalhabilidade prevista, em seguida realizou-se a verificação de consistência. Para as formulações contendo

resíduo polimérico, homogeneizou o AMRP com o equipamento em velocidade baixa, antes de inserir a água e o aditivo, de modo que não espalhasse fora do recipiente e se misturasse bem, concomitantemente.

Com base no trabalho de Silva e Cordeiro (2020) estipulou-se com parâmetros fixo a consistência de 260 ± 5 mm. Uma vez que se almejava uma argamassa plástica para a produção das placas cimentícias. Para caracterização dos parâmetros de índice de consistência e densidade de massa no estado fresco, adotou-se respectivamente as normativas NBR 13276 (ABNT, 2016) e NBR 13278 (ABNT, 2005).

Na tabela 2 encontra-se o consumo dos materiais adotados em cada mistura. Ressalta-se que não se fixou o consumo de cimento pois houve adição dos componentes proporcionalmente, a fim de alcançar a consistência alvo.

Tabela 02 - Quantidade de materiais usados nos traços

ARGAMASSA	CIMENTO (g)	AREIA (g)	RESÍDUO (PVC) (g)	ÁGUA (g)	ADITIVO (g)
AMN	1157,4	3472	0	627	46
AMRP10	1170,8	3169	66	659	46
AMRP20	1144	2746	132	727	51
AMRP30	1144	2402	198	877	56

Fonte: Autores (2026)

A Figura 3 apresenta o processo de produção das argamassas e molde das placas cimentícias com a incorporação do resíduo polimérico.

Figura 03: Processo de produção de placas cimentícias com resíduo polimérico.



Fonte: Autores (2026)

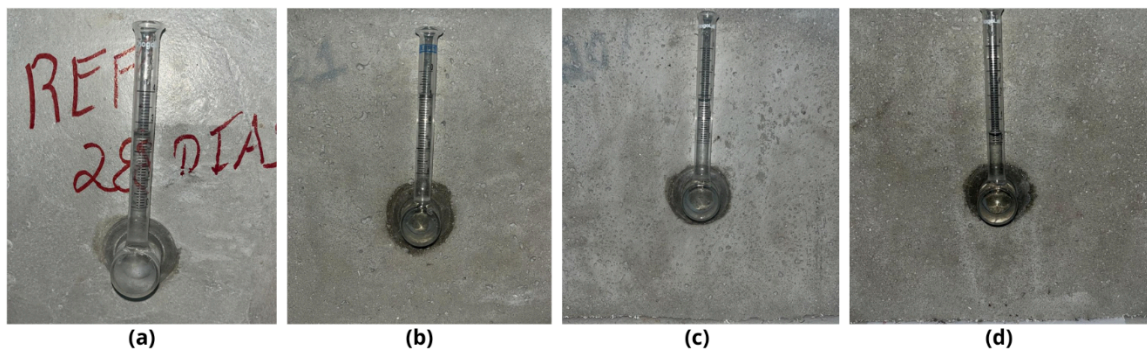
A moldagem das argamassas nas formas metálicas se deu em duas camadas e com a utilização de plástico filme no fundo de cada molde, a fim de evitar vazamentos e facilitar a desmoldagem. Assim, preenche a primeira camada, e o adensa com 10 golpes em 10 segundos na mesa de consistência, repetindo o processo na última camada. Por fim, com o auxílio da colher de pedreiro e régua metálica, regulariza-se a superfície.

O processo de desforma ocorreu após 5 dias, por se tratar de placas esbeltas evita-se movimentações em idades iniciais. O período de cura foi de 28 dias, nas condições para manter o estado de equilíbrio, isto é, massa variando pouco, ventilação nas duas faces das placas, temperatura e umidade adequada, etapa fundamental para a maturação das propriedades mecânicas do material, conforme solicita a preparação preliminar da NBR 15498 (ABNT 2021).

2.2.2. Análise física e de estanqueidade de placas cimentícias com resíduos

Para a caracterização física das placas no estado endurecido, realizou-se o ensaio de densidade de massa, conforme as diretrizes da NBR 15498 (ABNT, 2021). O procedimento consistiu na determinação da massa da placa seca e no cálculo do volume individual de cada amostra. Já para a análise de estanqueidade a avaliação foi feita a partir dos ensaios do cachimbo e da caixa imersa na idade de 28 dias. O procedimento do ensaio de absorção superficial, o teste do cachimbo, consistiu na fixação vertical do tubo karsten à superfície da amostra, utilizando silicone acético para garantir a estanqueidade da interface, o método é especificado pelo protocolo NIT 140 Belga CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction). O ensaio iniciou-se com o preenchimento do tubo com 4 ml de água, monitorando-se a percolação volumétrica durante 15 minutos, conforme ilustrado na Figura 4.

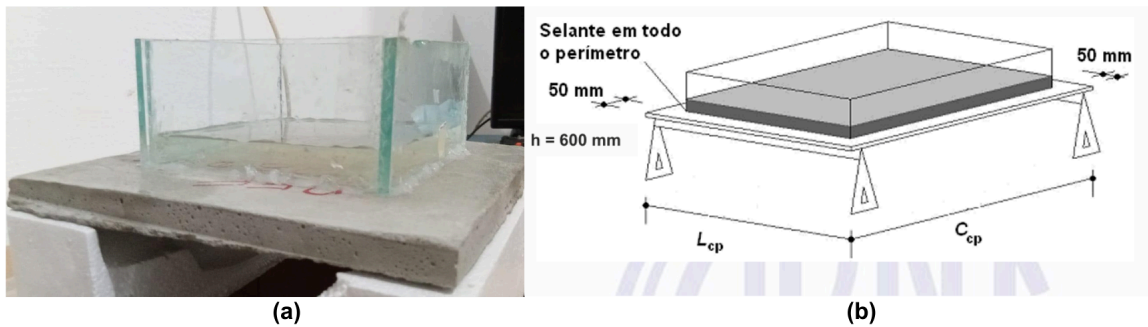
Figura 04: Ensaio de permeabilidade pelo método do cachimbo, sendo o de REF (a), 10%(b), 20%(c) e 30%(d), respectivamente.



Fonte: Autores (2026)

O ensaio de estanqueidade seguiu as recomendações normativas da NBR 15498 (ABNT, 2021), adaptou-se uma caixa, com lados de 150 mm posicionada sob a placa, aplicando o selante para vedação, além de montar um suporte para apoiar a placa em uma altura de 600 mm da superfície. Após esta mobilização, o ensaio iniciou-se, com as condições de contorno estabelecidas pela NBR. Por fim, vale ressaltar que a lâmina d'água não poderá ser inferior a 20 mm da face da placa. A Figura 5 (a) ilustra a caixa adaptada para o ensaio e ao lado o esquema do ensaio segundo a NBR 15498 (ABNT, 2021).

Figura 05: Apresenta a chapa referencial submetida a imersão (a) e o esquema do ensaio de permeabilidade (b).



(a)

Fonte: Autores (2026)

(b)

Fonte: NBR 15498 (ABNT, 2021)

2.2.3. Análise ambiental de placas cimentícias com e sem resíduo

Esta análise se deu, primeiramente, avaliando a porcentagem de redução do material convencional. Além da possível viabilidade de coletar o resíduo, sem necessidade de beneficiá-lo, ou seja, verificar se há um gasto de energia que não compensaria ambientalmente. Por fim, se a produção atual deste resíduo de PVC é suficiente para suprir a demanda de uma possível produção de placas cimentícias.

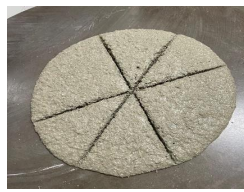
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISE DO EFEITO DO RESÍDUO NA DOSAGEM E PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Visando alcançar a consistência estabelecida, correspondente a um espalhamento entre 260 ± 5 mm, observou-se a necessidade de adição de maiores teores de água durante a preparação das misturas (Tabela 3), devido, provavelmente, a natureza hidrofóbica do PVC. Essa característica foi evidenciada durante a dosagem, onde na medida em que aumentava o teor de AMRP, crescia a necessidade de água no amassamento, valor significativamente superior ao do AMN de referência, fato este que pode ser explicado devido a característica do material de repelir a água, somado com sua reologia.

Na tabela 3 são apresentados os resultados no estado fresco das argamassas.

Tabela 03: Propriedades no estado fresco

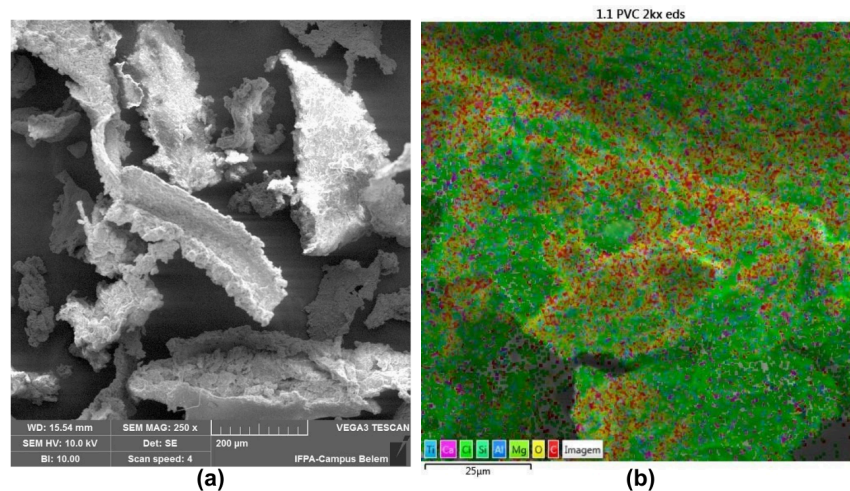
TRAÇO	Ca	a/c	IC (mm)	ρ_f (g/cm ³)	IMAGEM
AMN	299,11	0,58	265	2,03	
AMRP10	313,33	0,6	260	1,78	
AMRP20	345,78	0,68	264	1,54	
AMRP30	414,67	0,82	260	1,43	

Fonte: Autores (2026)

O formato lamelar e angular das partículas do PVC rígido, além da sua rugosidade, leva ao maior atrito entre as partículas da matriz cimentícia e o resíduo polimérico. Portanto, eleva-se a água para suprir o não recobrimento inicial das partículas de PVC. O ensaio MEV da partícula (figura 6-a) confirma o fator exposto.

Outra causa possível da alta demanda de água na mistura, é a composição de elementos Filler, grãos menores tendem a apresentar maiores exposição desses elementos que adsorvem água (hidrofílicas), como carbonato de cálcio (CaCO₃), ao contrário do grão de polímero clorado que são hidrofóbicos (Silva, 2014). A análise EDS (figura 6-b) ilustra tais componentes presentes.

Figura 06: (a) MEV e (b) EDS do PVC estudado



Fonte: LABMEV (2026)

Ademais, notou-se no processo de produção da argamassa, a perda de fluidez das amostras AMRP20 e AMRP30. Ao pôr em cima da mesa de consistência, evidenciava a baixa trabalhabilidade destas misturas. Tal fator é respondido, sobretudo, pela falta de lubrificação do plástico com a matriz cimentícia, devido à natureza do pvc rígido, que repele água. Portanto, quando o índice de resíduo é maior, a incompatibilidade física e química do polímero se mostra evidente no compósito, necessitando de maior líquido para compensar a perda de plasticidade .

A densidade do traço de referência no estado fresco, foi de 2,03 g/cm³, em comparação com a mistura de AMRP30, apresentou redução de 70% na densidade (1,43 g/cm³). Tal característica está em conformidade das propriedades do resíduo, em possuir pequena massa específica, em comparação ao agregado natural. As aplicações de 10 e 20% obteve reduções significativas, decrescendo em relação ao aumento do percentual do polímero PVC.

3.2. ANÁLISE DO EFEITO DO RESÍDUO POLIMÉRICO NAS CARACTERÍSTICA FÍSICAS E DE ESTANQUEIDADE DE PLACAS CIMENTÍCIAS

Os resultados no estado endurecido (Tabela 4), revelam que a densidade diminui da mesma forma, em conformidade com o resultado do estado fresco, a diferença se dá na argamassa AMRP30, visto que apresentou densidade inferior ao do estado

fresco. Esta característica possivelmente ocorre devido ao alto índice de poros presentes na matriz.

Tabela 04 - Densidade no estado endurecido dos traços

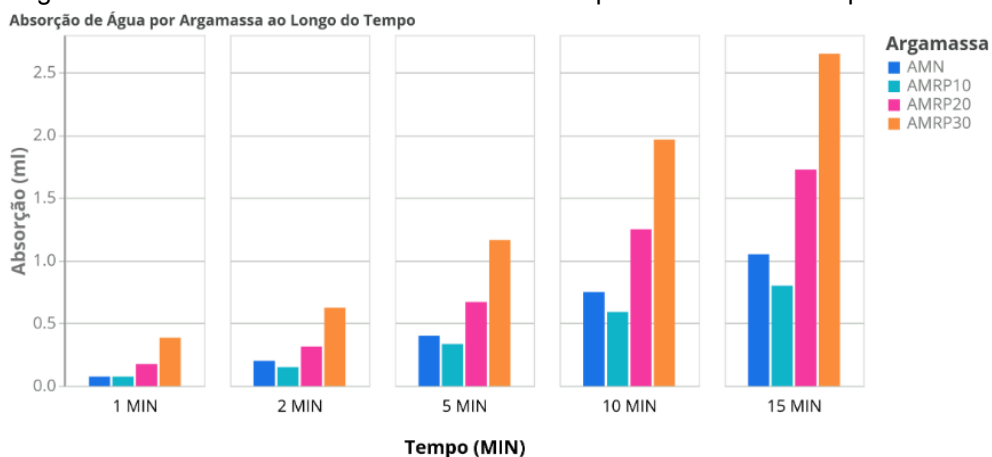
ARGAMASSA	Consumo de AMRP (kg/m ³)	pe (g/cm ³)	Aspecto poroso
AMN	0	1,97	Baixo
AMRP10	29,33	1,86	Baixo
AMRP20	58,67	1,65	Alto
AMRP30	88	1,29	Elevado

Fonte: Autores (2026)

Os resultados do ensaio de absorção superficial (Figura 7) indicam que a incorporação do resíduo de PVC influencia diretamente a permeabilidade da placa cimentícia. Observou-se que o traço com 10% de substituição manteve um comportamento similar ao traço de referência, demonstrando que baixos teores de resíduo não comprometem a estanqueidade do material.

No entanto, para os teores de 20% e 30%, houve um aumento acentuado na velocidade na absorção. A AMRP30 exibiu a maior permeabilidade, o que pode ser justificado pelo aumento da porosidade interna das placas, decorrente da menor afinidade química e física entre as partículas de polímero e a matriz de cimento, ou seja, pela natureza hidrofóbica, a água inerte no compósito seca e leva a criação de capilaridade em torno do agregado reciclado. Consequentemente, embora o uso de PVC seja viável do ponto de vista ambiental, teores elevados do resíduo requerem atenção quanto ao tratamento da porosidade para garantir a durabilidade da placa em ambiente exposto à umidade.

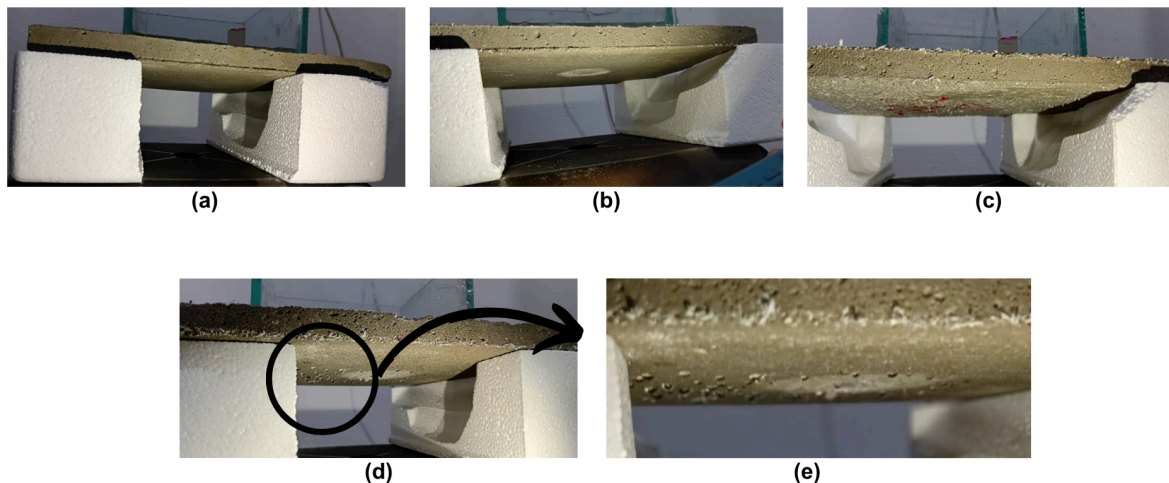
Figura 07: Resultado do ensaio do cachimbo em placas com resíduos poliméricos



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 8 estão as imagens das placas após 24 horas de imersão, contendo também uma ampliação da AMRP30, que mostra as gotículas passantes.

Figura 08: Placas após 24 horas de imersão, ensaio da caixa acrílica, em que: (a) AMN, (b) AMRP10, (c) AMRP20, (d) AMRP30, (e) ampliação AMRP30



Fonte: Autores (2026)

O ensaio de absorção superficial demonstrou inviabilidade do uso das placas AMRP20 e AMRP30. No mesmo cenário, o ensaio de imersão por caixa reiterou esta característica, a reprovação de estanqueidade, percebe-se gotículas de água na placa AMRP30 (Figura 8-e), indicando alta conexão dos poros formados, isto é, alta capilaridade. A placa AMRP20 não apresentou gotas de água, todavia a lâmina presente abaixo da peça era evidente. Assim, embora teores mais elevados sejam inviáveis, a incorporação de 10% mostrou-se promissora, uma vez que não compromete a durabilidade do material.

3.3. VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE SUSTENTÁVEL DAS PLACAS CIMENTÍCIAS

Sobre a questão do gasto de energia ou possível beneficiamento, o resíduo polimérico apresenta facilidade de extração, sem necessidade de beneficiamento, na medida em que, os flocos são pequenos, fato confirmado no ensaio de granulometria, onde apresentou alto índice de material passante. No entanto, requer uma simples retirada de resíduos um pouco mais grosseiros, por meio de peneiramento. Assim, neste quesito a viabilidade é comprovada.

A redução do peso das placas AMRP10 no estado endurecido, foi em média de 6%, tal leveza torna a peça viável sobre a questão da praticidade, pois facilita numa possível aplicação manual desse compósito pré-fabricado, por exemplo. As placas de 20% e 30% apresentam maiores reduções de densidade, porém não alcançam as propriedades requisitadas. Portanto, não será analisado neste tópico.

Em relação à redução do agregado natural, a diminuição é de 9,5%, isso se explica pelo fato da característica do AMRP, que possui massa unitária e específica menor do que a areia natural. Assim, reduz grande quantidade de materiais naturais e destina o resíduo polimérico em compósitos cimentícios. Além disso, o quantitativo gerado dessas lascas de PVC nesta empresa estudada é suficiente para produção em pequena escala destas argamassas. Portanto, a sustentabilidade é comprovada e o destino ambiental confiavelmente positivo.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o uso de resíduos de PVC em placas cimentícias apresentam um potencial técnico no teor de 10%. Tal percentual mostrou-se o mais equilibrado, garantindo a redução de peso e de extração de recursos naturais sem comprometer severamente as propriedades requeridas, ao contrário dos teores de 20% e 30%.

O resíduo polimérico não exige processos complexos de beneficiamento, apenas um peneiramento simples, o que comprova sua viabilidade econômica e energética.

Quanto à estanqueidade, os ensaios de absorção superficial e o da caixa de acrílico, demonstraram que a permeabilidade está diretamente influenciada pelo teor de substituição. Logo, sobre a questão da durabilidade por estanqueidade, o veredito é:

- Viabilidade do traço AMRP10: O teor de 10% de substituição apresentou comportamento similar ao traço de referência, mantendo a estanqueidade e não comprometendo a durabilidade do material, o que o torna apto para o uso pretendido.

- Inviabilidade dos traços AMRP20 e AMRP30: Houve um aumento acentuado na velocidade de absorção e na porosidade interna para esses teores. A placa com 30% de resíduo exibiu gotículas de água passantes durante o ensaio de imersão, indicando alta capilaridade e conexão de poros, o que reprova o material nos critérios de estanqueidade para divisórias.

Em relação ao impacto sustentável das placas com e sem resíduo, conclui-se que o uso de 10% de resíduo de PVC é ambientalmente superior ao traço de referência, pois mitiga o descarte industrial e reduz a extração mineral sem exigir um consumo energético elevado para o reaproveitamento do material.

Por fim, para os trabalhos futuros, é importante a realização do ensaio de tração na flexão, para verificar os requisitos mínimos mecânicos normativos. Também a realização de ensaio com teores menores de incorporação do PVC rígido estudado, a fim de observar um teor ideal tecnicamente. Ademais, ensaios de reação ao fogo e condutividade térmica torna-se interessante.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, Sabino Alves de. **Produção de argamassas com aproveitamento de resíduos de polímeros etilenos e propilenos como materiais de construção civil**. 2020. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

AL-NOAIMAT, Yazeed A. et al. Sustainable repurposing of polyvinyl chloride waste as aggregates in limestone-calcined clay cement. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 491, 144862, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144862>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação - Referências** - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15498: Placas de cimento reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972: Agregados - Determinação da densidade de massa e do teor de vazios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024. São Paulo: ABREMA, 2024. 82 p. Disponível em: <https://abrema.org.br/>. Acesso em: 25 jan. 2026.

CONCEIÇÃO, Mário Marcos Moreira da. **Avaliação de dano ambiental:** aplicação de um índice de qualidade em um vazadouro a céu aberto. 2022. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

EL-SEIDY, Yazeed A. et al. Experimental and microstructural evaluation of cement-based composites containing sustainable aggregates of rigid and flexible polyvinyl chloride. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 409, 134188, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134188>.

GUIMARÃES, Júlio et al. Análise e categorização das principais barreiras para implementação de tecnologias digitais na construção civil brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2025, [S. l.]. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2025. p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v5i00.7746>. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/7746>. Acesso em: 01 fev. 2026.

KHALID, Muhammad Yasir et al. Recent trends in recycling and reusing techniques of different plastic polymers and their composite materials. **Sustainable Materials and Technologies**, [s. l.], v. 31, e00382, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.200382>.

KUNTHAWATWONG, R. et al. Performance of Geopolymer Mortar Containing PVC Plastic Waste from Bottle Labels at Normal and Elevated Temperatures. **Buildings**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 1160, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings13051160>.

LATROCH, Nouredine et al. Physico-mechanical and thermal properties of composite mortars containing lightweight aggregates of expanded polyvinyl chloride. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 175, p. 77-87, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.173>.

LEWANDOWSKI, K. et al. A Brief Review of Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Recycling. **Polymers**, Basel, v. 14, n. 15, p. 3035, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym14153035>.

LIMA, Rafael et al. Bibliometric survey of the PVC production – Part I: the continuous polymerization challenge. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 33, n. 2, e20230013, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20220062>.

MARTINS, Wallyson Santos. **Cimento Portland com substituição parcial de cinzas do resíduo da estação de tratamento de água**. 2020. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

MERLO, Alessandra et al. Mechanical properties of mortar containing waste plastic (PVC) as aggregate partial replacement. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 13, e00467, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00467>.

MOUCHREK, N. J. et al. Influência do resíduo de PVC como agregado no concreto para peças de pavimentos intertravados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 57-71, out./dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400561>.

MOURA, João Marcos Bosi Mendonça de et al. Placas cimentícias e pavers com incorporação de rejeitos da coleta seletiva do município de Blumenau, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 345-359, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100225>.

PAN, Z. et al. Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 45, p. 103482, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103482>.

SALAMANDER. **Desempenho**. [S. l.], [202-?]. Disponível em: <https://salamander-windows.com.br/desempenho-salamander.html>. Acesso em: 20 Jan. 2026.

SANTOS, Fabianne Azevedo dos et al. Análise da fluência por compressão no isolamento ao ruído de impacto de placas cimentícias com resíduo de EVA. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 125-138, jan./mar. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000100582>.

SANTOS, Laryssa Alves dos; SILVA, Julierme Siriano da. Análise mecânica de placa cimentícia com adição de resíduos de borracha. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 200-213, dez. 2019.

SILVA, Ana Cláudia Vieira Marques. **Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de resíduos plásticos selecionados**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

SILVA, Max Weverton Moreira da; CORDEIRO, Luciana de Nazaré Pinheiro. **Potencial uso de pérolas de EPS em argamassas para a produção de placas cimentícias**. *Matéria* (Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, e13194, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1394>.

SILVA, Max Weverton Moreira da. **Placas cimentícias produzidas com a incorporação de pérolas de poliestireno expandido (EPS)**. 2020. 94 f. Dissertação (Mestrado em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético) – Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2020.

ZHOU, Fen et al. Flexural behavior of layered CTRC-ECC reinforced cementitious composite plates. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 62, 105283, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105283>.