COMPATIBILIZAÇÃO DE PASTAS DE CIMENTO TERNÁRIO COM ADITIVO PLASTIFICANTE UTILIZADO NA REGIÃO DE BELÉM-PA

COMPATIBILITY OF TERNARY CEMENT PASTES WITH PLASTICIZER ADDITIVES USED IN THE BELÉM-PA REGION

Karolina da Silva Lima
UFPA | Belém, Pará| karolinalima1212@gmail.com

Evandro Júlio da Silva Júnior
UFPA | Belém, Pará | evandro.junior@itec.ufpa.br

Sthefanny Pantoja Ferreira
UFPA| Belém, Pará | sthefannyf86@gmail.com

Rosineia Ferreira Seabra
UFPA| Belém, Pará | rosyseabra@itec.ufpa.br

Taiza Naiana da Silva Ferreira
UFPA| Belém, Pará | taizaferreira@ufpa.br

Luciana Carvalho Queiroz
UFPA | Belém, Pará | lucianaqueiroz@ufpa.br

Resumo

Este trabalho investiga a compatibilidade de pastas de cimento ternário, compostas por clínquer Portland, gipsita, argila calcária natural e resíduos industriais, com aditivos plastificantes utilizados na região Norte do Brasil e avalia seu desempenho em relação aos cimentos pozolânicos comercialmente vendidos (CP-II-Z e CP-IV). A redução do teor de clínquer, promovida pela adição de materiais cimentícios suplementares (MCS), como argilas e calcários, é uma estratégia sustentável para mitigar os impactos ambientais da produção de cimento. Os materiais foram adquiridos através de empresas parceiras e foram preparados para fazer a composição dos cimentos no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), sendo utilizado somente materiais com granulometria inferior a 75 m. Foram avaliadas as características físicas e reológicas das misturas, conforme normas vigentes, utilizando um aditivo plastificante natural amplamente aplicado na região. Os resultados obtidos quantitativamente, indicam que cimentos contendo maior teor de argila natural apresentam maiores tempos de pega e plasticidade, entretanto, resultados mostram que o aditivo utilizado não se mostrou eficiente ao cumprir a sua função, do mesmo modo que no estado endurecido houve contribuição na resistência aos 7 e 28 dias.

Palavras-chave: Cimento ternário; Argila natural; Cimento pozolânico; Aditivos; Miniabatimento.

ABSTRACT

This work investigates the compatibility of ternary cement pastes, composed of Portland clinker, gypsum, natural limestone clay and industrial waste, with plasticizing additives used in the northern region of Brazil and evaluates their performance in relation to commercially sold pozzolanic cements (CP-II-Z and CP-IV). Reducing the clinker content by adding supplementary cementitious materials (MCS), such as clays and limestones, is a sustainable strategy for mitigating the environmental impacts of cement production. The materials were acquired through partner companies and were prepared to make up the cements at the Civil Engineering Laboratory (LEC) of the Federal University of Pará (UFPA), using only materials with a grain size of less than 75μm. The physical and rheological characteristics of the mixtures were assessed, in accordance with ABNT standards, using a natural plasticizing additive widely used in the region. The results indicate that cements containing a higher content of natural clay have longer setting times and plasticity, however, preliminary results show that the additive used was not efficient in fulfilling its function, as in the hardened state there was a contribution to the strength at 7 days.

Keywords: Ternary cement; Natural clay; Pozzolanic cement; Additives; Miniabatimento.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é hoje, sem dúvida, a grande preocupação e busca da indústria cimenteira em todo o mundo. Como a produção do cimento Portland emite altos teores de gases de efeito estufa, as indústrias desse setor têm investido continuamente em pesquisas que analisam sugestões para mitigar os impactos ambientais decorrentes do ciclo produtivo do material. Entre as soluções mais promissoras, a redução do teor de clínquer no cimento por meio da utilização de materiais cimentícios suplementares (MCS) recebeu grande destaque, dentre eles, as argilas e os calcários, por possuírem um alto potencial de incorporação em virtude de sua disponibilidade e distribuição territorial relativamente homogênea (SCHAEFE, 2013; CARDOSO, 2020).

Nesse contexto, a argila natural, como material de adição, tem ganhado relevância em estudos que investigam as formas de melhorar o desempenho das argamassas, diminuindo ao mesmo tempo o impacto ambiental. Tem-se uma razão para o uso crescente de aditivos, o fato de estes serem capazes de conferir consideráveis vantagens físicas e econômicas ao concreto (JUNIOR, 2020). Contudo, ainda existem desafios a serem superados, como a padronização da mistura e a necessidade de realizar mais estudos sobre a durabilidade a longo prazo, especialmente em climas variados e com diferentes condições de uso.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho de iniciação científica foi estudar o comportamento de pastas de cimento ternário produzidas com aditivo plastificante utilizado na região Norte do Brasil.

2 METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste trabalho foram: clínquer Portland (CP), gipsita (GP) e argila calcária natural (AN) obtidos através de doação de cimenteira localizada no estado do Pará; resíduo da cerâmica vermelha (RCV) gerados nas atividades de aula do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará; e resíduo de corte de mármore (RCM) doado por uma empresa de cortes de mármore. Os processos de coleta e beneficiamento dos materiais segue a metodologia de Ferreira et al. (2025), com processos de moagem e peneiramento, tendo como fator de controle que os materiais fossem passantes na peneira 75µm. Os resultados da massa específica dos materiais foram: 3,22g/cm³ (CP), 2,87g/cm³ (GP), 2,87g/cm³ (RCC), 3,12g/cm³ (AN) e 3,24g/cm³ (RCM). Para a composição dos cimentos ternários (ver Tabela 1) seguiu-se a metodologia de Ferreira et al. (2025), mantendo fixados os teores de CP (50%), GP (5%) e RCM (5%). Foram utilizados como referência, cimentos comerciais, sendo estes: CP II Z e CP IV, ambos da classe de resistência de 32MPa.

Tabela 1: Composição dos cimentos ternários.

Cimento Temário	CP (%)	GP (%)	RCV (%)	AN (%)	RCM (%)
CT-1	50	5	40	-	5
CT-2			30	10	
CT-3			0	40	
CT-4			10	30	

Fonte: Autores.

Para os testes de compatibilidade foi utilizado um aditivo plastificante comumente utilizados na região Norte do Brasil na produção de argamassas como alternativa ao uso da cal, devido à ausência desta na região Norte, sendo com base de formulação natural. De acordo com o fabricante o aditivo tem aspecto físico líquido, cor escura, pH 10,5, densidade 1,10 g/cm³, a composição básica é uma resina natural de pinus elliotti e resina natural extraída da araucária angustifólia totalmente solúvel em água.

A consistência das pastas foi determinada de acordo com a NBR 9997 (ABNT, 2015) e os teores de aditivo utilizados foi de 2% em relação a massa do cimento conforme recomendação do fabricante. As propriedades reológicas foram analisadas através do ensaio de cone Kantro (1985) variando o tempo de espalhamento em 0, 5, 15 e 30 minutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de caracterização dos cimentos estão apresentados na Tabela 2. Nota-se a influência da argila natural nos índices de finuras dos cimentos ternários, quando comparados com os cimentos comerciais.

Desse modo, sabe-se que quanto mais fino os materiais, a tendência pelo consumo de água aumenta, o que leva a utilização de aditivos plastificantes em pastas produzidas com os mesmos, de forma que seja preservado a relação a/c e resistências.

Tabela 2: Resultados de caracterização.

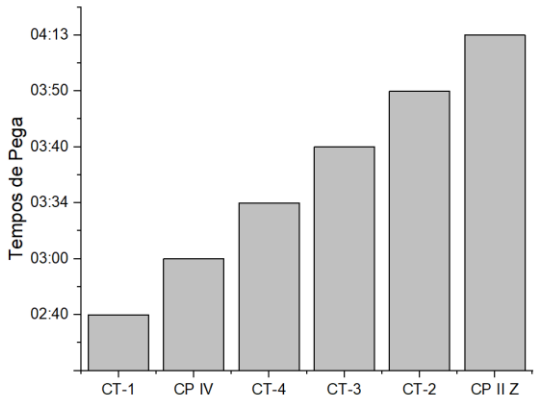
Materiais	CP-II-Z	CP IV	CT-1	CT-2	CT-3	CT-4
ME (g/cm^3)	3,05	2,90	2,96	2,95	2,88	2,81
Índice de finura	0,06	0,10	0,05	0,07	0,08	0,06

Fonte: Autores.

Já o resultado de massa especifica dos cimentos ternários apresentam valores semelhanças, uma vez que possuem pouca variação quando comparados entre si e com os cimentos de referência, o que os tornam mais suscetíveis a aceitação de mercado.

A Figura 1 apresenta os tempos de pega, observa-se que o cimento que possui apenas adição de RCV teve o tempo de pega acelerado em comparativo aos cimentos normativos, enquanto os cimentos que possuem AN obtiveram resultados satisfatórios e semelhantes aos cimentos de referência.

Figura 1: Tempo de Pega.

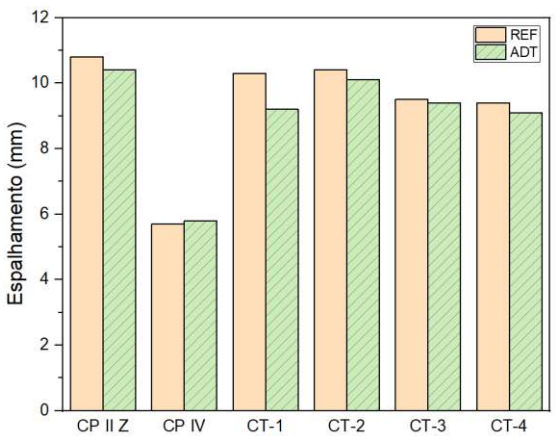


Fonte: Autores.

3.2 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Os ensaios de consistência estão apresentados na Figura 2. Ao longo desse estudo, se verificou que os cimentos ternários não são compatíveis com o aditivo, assim como os cimentos Portland, pois mesmo utilizando o teor recomendado pelo fabricante de 200 ml de aditivo para 50kg de cimento, o aditivo não cumpriu sua função de plastificar a pasta, como é observado no ensaio de consistência. Tal comportamento pode ser justificado pelas características fisioquímicas dos materiais que constituem os cimentos (ternários e comerciais) como: morfologia das partículas, tensão superficial, processo de difusão, área superficial, etc.

Figura 2: Espalhamento das pastas.



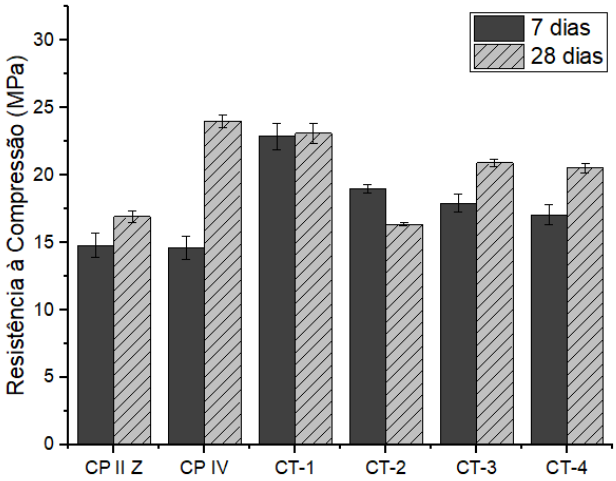
Fonte: Autores.

3.3 PROPRIEDADE MECÂNICA

Os resultados de compressão axial (Figura 3), indicam que com exceção do cimento CT-2, há um aumento de resistência com o tempo, evidenciando o progresso da hidratação do cimento. Os cimentos CT-1 a CT-4 apresentam resistências superiores às dos cimentos comerciais (CP II Z e CP IV), sendo que o CT-1 alcançou os melhores resultados nas duas idades de cura com maior desempenho quando comparada as outras pastas ternárias e as de cimentos normalizados, com aumento médio de 36% e 21%, respectivamente.

Nota-se que as pastas de cimentos ternários tiveram bons percentuais de resistência quando comparadas com as pastas produzidas com cimentos normalizados, podendo ser explicada pela agregação de resistência devido ao início das reações pozolânicas da argila. Segundo Abrão (2018), argilas podem ser classificas como pozolanas naturais, isto é, materiais que necessitam apenas de moagem para apresentarem atividade pozolânica. A dispersão dos dados, indica uma reprodutibilidade razoável dos ensaios, embora algumas amostras apresentem variações mais pronunciadas.

Figura 3: Resistência à compressão.



Fonte: Autores

Devido a incompatibilidade do aditivo com os cimentos, não foi possível observar, por este ensaio, o impacto do seu uso nas propriedades dos cimentos, limitando essa analise apenas comparativamente as pastas produzidas.

4 Conclusão

Apesar da limitação do aditivo, os resultados revelaram que as pastas de cimento ternário apresentaram desempenhos mecânicos promissores:

- A argila natural aumentou os tempos de pega e a plasticidade das pastas, mas prejudicou a trabalhabilidade quando combinada com o aditivo.
- O resíduo de cerâmica vermelha (RCV) acelerou o tempo de pega e contribuiu para a resistência mecânica, especialmente na composição CT-1, o qual superou os cimentos comerciais.
- As pastas com maior teor de argila (CT-3 e CT-4) apresentaram resistência inferior às de referência.

A redução do clínquer por MCS (argila e resíduos industriais) se mostrou viável para mitigar impactos ambientais, mantendo propriedades mecânicas satisfatórias em idades iniciais. Contudo, se faz necessário a realização de estudos em idades mais avançadas para uma avaliação da durabilidade e do comportamento das pastas a longo prazo, além da busca de outros tipos de aditivos plastificantes que possam melhorar a trabalhabilidade das pastas sem comprometer suas propriedades reológicas e mecânicas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR9997 - Cimento aluminoso - Determinação da consistência normal e dos tempos de pega, Rio de janeiro, ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORNAS TÉCNICAS, NBR 11768 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 3: Ensaios de caracterização, Rio de janeiro, ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5739 – Cimento – determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de janeiro, ABNT, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASEILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9831 – Cimento – determinação da finura pelo método do peneiramento, Rio de janeiro, ABNT, 1986.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9776 – Determinação da massa especifica, Rio de janeiro, ABNT, 2015.

ABRÃO, P.C.R.A. O uso de pozolanas como materiais cimentícios suplementares: Disponibilidade, reatividade, demanda de água e indicadores ambientais, São Paulo, 2018.

CARDOSO. C. T. Propriedades físico/químico, hidratação e reologia de cimentos ternários com reduzido teor de clínquer a partir de argila não calcinada e fíler calcário, Porto Alegre, 2020.

CORRÊA, Matheus Silva et al. Estudo comparativo de desempenho mecânico e operacional entre aditivos redutores de água. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 61695-61708, 2020.

SCHAEFER. O. C. valorização de fonte alternativa de sulfato de cálcio para a produção de argamassas de autonivelantes, Florianópolis, 2013.