



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102019003043-7 A2



(22) Data do Depósito: 14/02/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 24/04/2019

(54) **Título:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO E PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE

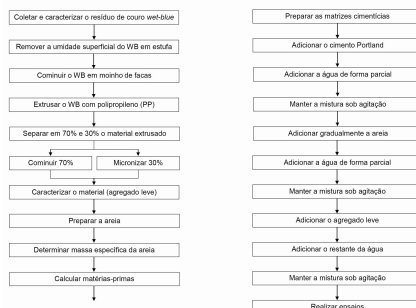
(51) **Int. Cl.:** C04B 18/04; B09B 3/00.

(52) **CPC:** C04B 18/0481; B09B 3/00.

(71) **Depositante(es):** ASSOCIAÇÃO PRÓ ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO.

(72) **Inventor(es):** PATRICE MONTEIRO DE AQUIM; VANESSA SCHEFFLER SILVEIRA; ALEXANDRE SILVA DE VARGAS; LUIZ CARLOS ROBINSON.

(57) **Resumo:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO E PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE A presente invenção pertence ao setor tecnológico de materiais de construção aplicados à engenharia civil e refere-se, mais especificamente, ao processo de produção de agregado leve reciclado (ALR) produzido a partir de resíduos de couro wet-blue (WB) incorporados em polipropileno (PP) e o preparo de matrizes cimentícias utilizando o ALR. A matriz cimentícia proposta substitui, de forma parcial, o agregado natural miúdo (areia), pelo ALR. O invento tem como principal objetivo proporcionar uma diminuição no impacto ambiental causado pelo descarte inadequado dos resíduos de couro wet-blue e ainda contribuir para a redução do encaminhamento desses resíduos aos aterros de resíduos industriais perigosos (ARIP). Esse ALR pode ser utilizado como agregado miúdo leve para a construção civil, pois sua massa específica é menor que 2.0 g/cm^3 , reduzindo a massa específica resultante da matriz cimentícia no estado seco, sem perda das propriedades essenciais necessárias para a sua utilização como elemento não estrutural para a construção civil, como blocos de vedação, divisórias e forros.



PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO
DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM
POLIPROPILENO E PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O
AGREGADO LEVE
CAMPO TÉCNICO

[001] De uma maneira geral a presente invenção pertence ao setor tecnológico de materiais de construção aplicados à engenharia civil e se refere, mais especificamente, a uma composição de matriz cimentícia à base de agregado leve reciclado de couro wet-blue incorporado em polipropileno e seu respectivo processo de obtenção, objetivando utilização de material de origem considerada dentro de uma proposta ecologicamente correta, a diminuição dos impactos ambientais causados pela deposição e armazenamento dos resíduos de couro wet-blue (Classe I – Perigoso) em aterros industriais perigosos ou pelo descarte desses resíduos em locais inadequados, a partir de seu reaproveitamento.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] O setor da construção civil está em crescente desenvolvimento, principalmente nos últimos anos, e, a partir disso, é possível observar que essa área é responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais, com destaque especial aos agregados miúdo (areia) e graúdo (brita). Devido ao recente aumento à restrição da extração de areias de rios, é visível a necessidade de estudos e pesquisas que busquem fontes alternativas a esses materiais de forma a suprir a demanda, adotando uma postura ambiental mais sustentável e estimulando a atividade do setor.

[003] Práticas ambientalmente corretas que solucionem problemas referentes ao uso excessivo de recursos naturais, assim como maneiras de reutilização como matéria-prima rejeitos/resíduos que seriam descartados, vêm tornando-se foco de investimentos nacionais e internacionais de

empresas de diversas áreas tecnológicas. Nesse contexto, é previsto que a reutilização, o aproveitamento e o gerenciamento de resíduos, além de influenciar diretamente na redução da quantidade de recursos retirados do meio ambiente, acabam por tornar a produção de matrizes cimentícias economicamente vantajosa. Isso é possível, pois esses materiais apresentam um custo reduzido quando comparados aos componentes presentes na matriz cimentícia comumente empregada em construções. Dessa maneira, os novos materiais têm apresentado vantagens quanto às propriedades de matrizes cimentícias, que podem apresentar maior estabilidade dimensional, melhor durabilidade, maior alívio estrutural devido aos menores valores de massa específica e melhor isolamento térmico e acústico.

[004] A utilização de resíduos de processos industriais na composição de matrizes cimentícias deve respeitar normas estabelecidas pela Associação Brasileira das Normas Técnicas (ABNT). Dito isso, deve-se ter cuidado no estabelecimento dos percentuais de cada componente, pois as quantidades de aglomerantes, agregados minerais e água influenciam nas propriedades da matriz, sendo que, quando recém misturados, os constituintes apresentam boa plasticidade e após endurecidos, possuem características de rigidez, resistência e aderência.

[005] Portanto, para o correto destino dos resíduos industriais, de forma a gerar uma economia de recursos naturais, as adições minerais na confecção de artefatos de cimento utilizadas pela indústria da construção civil representam uma solução interessante para o setor. As alternativas de reaproveitamento de resíduos observadas atualmente consistem no uso de agregados de Poliestireno Expandido (EPS) - "Isopor®". Conforme apresentado nos estudos de caracterização física e mecânica de argamassas de cimento Portland, esse material é fabricado com a adição de partículas de poliestireno expandido e sobre matrizes cimentícias leves contendo

poliestireno expandido e cinzas para aplicação como materiais de construção, ambos estudos de autoria de FERRÁNDIZ-MAS, nos anos de 2012 e 2014, respectivamente. Além destes estudos, o cientista ADILSON SCHACKOWA, em 2014, publicou uma pesquisa a respeito das propriedades mecânicas e térmicas de concreto leve com vermiculita e EPS.

[006] Soluções à base de resíduos de polipropileno são relatadas no estudo “Reuse of plastic waste of mixed polypropylene as aggregate in mortars for the manufacture of pieces for restoring jack arch floors with timber beams”, de Hita et al. (2018). Da mesma forma, poliuretano (PU), EVA e têxteis também são descritas como agregados leves para utilização em matrizes cimentícias como, por exemplo, na tese de Fabiano André TREIN, intitulada como “Influência do Uso de Resíduos de Eva e de Têxteis Recobertos com Poliuretano como Agregado Leve em Argamassas Alkali-Ativadas”. Outras alternativas também consistem na reutilização de resíduos de PET e de Policarbonato conforme apresentado no estudo de Kinda HANNAWI, 2010 – “Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates” e REIS, no ano de 2012 – “Evaluation of PET waste aggregates in polymer mortars. Construction and Building Materials”. Por fim, também se encontram argamassas e concreto, ou seja, matrizes cimentícias, à base de politereftalato de etileno (PET) e de polipropileno (PP) (CORREA; JÚNIOR, 2014), à base de poliestireno (PEREVOZCHIKOV, 2000), à base de PVC (KOU, 2009), à base de resíduos de couro (PORFIRIO, 2011), à base de resíduos de couro incorporado em resina poliuretana (SHULTZ; FERREIRA, 2004), e à base de borracha (FIORITI, 2002).

[007] De acordo com Shultz e Ferreira (2004) a incorporação de resíduos, como a serragem de couro curtido ao cromo em resinas poliméricas são alternativas sustentáveis para o desenvolvimento de

componentes e elementos na construção civil. Como vantagens, os autores observaram o custo/benefício do compósito final, as boas propriedades termofísicas e mecânicas e também a minimização do passivo ambiental referente aos resíduos aproveitados. Ainda nesse contexto as fibras de couro têm sido utilizadas como aditivo em diversos compostos poliméricos (SHABANI et al.,2009). A incorporação desses resíduos como cargas em compósitos é de fato uma alternativa de destinação dos rejeitos da indústria do couro. Sobre o processo, Ambrósio et al. (2009), desenvolveu seu estudo processando resíduos de couro wet-blue em extrusora para a fabricação de compósitos termoplásticos e também por extrusão, Madera-santana, Torres e Lucero (2004) fabricaram seus compósitos com resíduos de couro em polímeros.

[008] Kou et al. (2009) relatam a utilização de agregados leves poliméricos em substituição ao agregado natural (areia convencional). Segundo os autores, esse processo se torna útil por dois pretextos de frente sustentável: a utilização dos resíduos como matéria-prima e a redução do consumo dos agregados minerais, cada vez mais escassos e ainda a obtenção de produtos mais leves.

[009] Dito isto, também se verifica que existem algumas alternativas que representam o atual estado da técnica e que são descritas em documentos de patentes. Por exemplo, é conhecido o documento MU 7802370-0 que revela um concreto leve compreendido por um produto obtido da mistura do RC (ou seja, resíduos moídos e misturados, resultantes de diversos processos de tratamento de couro como a curtidura, por cromo ou tanino, raspas, aparas, retalhos e resíduos de máquinas de rebaixar, escarnar, lixar, dividir etc.) aos elementos que compõe o concreto convencional, sendo eles basicamente cimento, água, areia e pedrisco; sendo resultante dessa mistura um produto mais econômico, mais leve,

mantendo porém as características necessárias para poder ser utilizado em substituição a concreto convencional em cerca de 90% de suas aplicações.

[010] Também, é conhecido o documento PI 0403660-3 que mostra um compósito utilizando resíduos de couro e processo de obtenção, que compreende entre 1,0 a 95% em peso/volume da composição de resíduos de couro e de 5,0 a 99% em peso/volume da composição de resinas plásticas e um processo de obtenção que inclui as etapas de dosar os componentes da mistura, misturar os componentes da mistura, processar termodinamicamente a mistura em extrusora a uma temperatura compreendida entre 70 a 300° C e submeter o compósito ao cabeçote de extrusão para conformação em perfis de variados formatos e chapas planas. Entre as resinas que podem ser usadas está o polipropileno.

PROBLEMA DA TÉCNICA

[011] Com isso, a partir de todos os inconvenientes decorrentes da geração de resíduos de processos industriais descritos acima no estado da técnica, é visível a existência de uma lacuna na criação de uma alternativa aplicada à matriz cimentícia para a construção civil a partir da utilização de resíduos de couro wet-blue incorporados em polipropileno. No Brasil, cerca de 10% a 30% do total de couro produzido acaba se tornando resíduo. Portanto, é importante que esses rejeitos sejam reaproveitados já que cerca de 80% desses resíduos da indústria do couro são enviados para aterros sanitários (COSTA et al., 2016; SALWA, 2011; OLIVEIRA, 2007) ou até mesmo são depositados em locais inadequados causando grande impacto ambiental.

SOLUÇÃO PROPOSTA

[012] Com o objetivo de sanar as falhas do estado atual das técnicas destacadas acima, e em busca de uma solução aplicada aos resíduos industriais gerados pelo setor coureiro, a presente patente de

invenção visa propor uma solução para o problema principal de utilização de resíduos de couro wet-blue, incorporados em polipropileno para a produção de matriz cimentícia. Além disso, a solução proposta visa solucionar problemas técnicos, devido aos inconvenientes relacionados à alta absorção de água pela matriz cimentícia, consequente da presença dos agregados obtidos de resíduos, citados anteriormente, resultando em uma excelente alternativa para a indústria da construção civil de elementos não estruturais.

[013] Conforme observado no descritivo do estado da técnica, a construção civil é conhecida pelo aproveitamento de subprodutos das mais diversas indústrias, como por exemplo, termelétricas (cinza volante), siderúrgicas (escórias de alto forno), arroseira (cinza de casca de arroz) e da construção civil (Resíduos de Construção e Demolição - RCD), sendo que estes subprodutos residuais são utilizados como agregados em mistura de matrizes cimentícias. Tendo isso em vista, é possível destacar que a presente invenção revela matrizes cimentícias à base de agregado leve reciclado de resíduo de couro wet-blue incorporado em polipropileno que se diferem dos outros tipos de matrizes cimentícias por substituírem seus agregados em partes de volume por partículas de ALR (Agregado Leve Reciclado).

[014] As raspas e aparas de couro wet-blue (WB) são resíduos sólidos produzidos pela operação de rebaixe da indústria coureira, classificados como Classe I - Perigosos devido à presença de cromo, conforme a NBR 10004:2004, devendo ser encaminhados para aterros de resíduos industriais perigosos (ARIP). Esse fato é problemático por diversas razões, dentre elas: o aspecto econômico para as empresas, pois o encaminhamento dos resíduos aos aterros gera altos custos; a superlotações dos aterros, necessitando da criação de novos, ocupando novas áreas; e o potencial de contaminação ambiental (KIPPER, 2013; FUCK, 2011).

[015] Portanto, o invento proposto prevê a utilização destes resíduos de couro wet-blue como agregado leve para aplicação na construção civil, pois uma de suas principais características como Agregado Leve Reciclado (ALR) consiste no valor de sua massa específica menor que $0,9 \text{ g/cm}^3$. Desta maneira, a partir do emprego desse material, é prevista a redução da massa específica da matriz cimentícia no estado seco, podendo ser utilizada como elemento não estrutural para a construção civil e reaproveitando este resíduo que hoje representa um grande inconveniente do ponto de vista sustentável. Sendo assim, a matriz cimentícia aqui descrita pode ser considerada como um produto de menor impacto ambiental, designada como “matriz cimentícia verde” pois soluciona um problema de ordem ambiental redestinando esses resíduos. Além disso, por ser constituída do ALR de resíduo de couro wet-blue incorporado em polipropileno, essa matriz cimentícia apresenta como grande vantagem de uso a obtenção de elementos isolantes térmicos e acústicos, e, ainda por serem mais leves, aliviam estruturalmente as construções (PIMENTEL, 2005).

DESCRIÇÃO

[016] A fim de que a presente invenção seja plenamente compreendida e levada à prática por qualquer técnico deste setor tecnológico, a mesma será descrita de forma clara, concisa e suficiente, tendo como base um fluxograma anexo, que a ilustra e subsidia o presente trabalho.

[017] – a figura 1 representa o fluxo do processo de obtenção de matriz cimentícia à base de agregado leve reciclado de couro wet-blue incorporado em polipropileno, de acordo com a presente invenção.

[018] Conforme aferido anteriormente, a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais, com destaque aos agregados

miúdo (areia) e graúdo (brita). Devido à grande restrição relacionada à extração de areias de rios, assim como a necessidade de fontes alternativas desse material para suprir a demanda, adotando-se uma postura ambiental mais sustentável, o presente invento tem como principal objetivo a utilização/aproveitamento de resíduos de couro wet-blue. Essa nova destinação dos resíduos prevê que esses poluentes, os quais são comumente encaminhados para os ARIP ou descartados inadequadamente, gerando grandes impactos ambientais, não sejam mais destinados ao meio ambiente.

[019] A massa específica real determinada para o ALR é de 0,898 g/cm³, o que configura um elemento que apresenta excelente potencial para utilização como agregado leve reciclado (ALR) na produção de matrizes cimentícias. Conforme ABNT NBR 9935:2011, os agregados são classificados como leves quando apresentam massa específica menor que 2,0 g/cm³. Ou seja, o ALR apresenta massa específica de 0,898 g/cm³, menor do 2,0 g/cm³, sendo então classificado como agregado leve. A partir desta conclusão, foram preparadas matrizes cimentícias à base de cimento Portland tipo V – ARI e agregado miúdo natural (areia), com a substituição da areia pelo ALR em proporções de 0% a 75% em relação ao volume de areia, com a relação água/cimento constante, igual a 0,48.

[020] Conforme o fluxograma, o processo de obtenção das matrizes cimentícias inicia-se com a coleta do resíduo nas propriedades produtoras e caracterização do resíduo, importante para a determinação da periculosidade do mesmo. As análises realizadas no resíduo foram: matéria Volátil NBR 11029 (ABNT, 2001); cálcio NBR 13732 (ABNT, 2013) - Couros - Determinação do teor de cálcio por método titulométrico e absorção atômica; cromo hexavalente por método difenilcarbazida, conforme Standard Methods 21ª Edição; óxido de cromo pela NBR 11054 (ABNT, 1999) e extraíveis em

diclorometano, pela NBR 11030 (ABNT, 1997), além da determinação do teor de cromo total presente no extrato de lixiviado e solubilizado do resíduo de couro wet-blue, conforme a NBR 10005 (ABNT, 2004) e NBR 10006 (ABNT, 2004), respectivamente.

[021] Em seguida, é procedida a remoção da umidade superficial do wet-blue, em estufa com exaustão, em temperatura de 40° C, por um período mínimo de uma hora, para facilitar o processamento seguinte, que é a cominuição do resíduo em um moinho de facas utilizando-se peneira malha de 4,0 mm. A cominuição foi realizada para que o mesmo apresentasse maior uniformidade em termos de dimensões quando extrusado com o polipropileno, tendo em vista que a forma de dispersão das cargas nos compósitos e as dimensões do mesmo influenciam muito nas propriedades mecânicas finais (SPINACÉ et al., 2011).

[022] Após cominuído em moinho de peneira de malha de 4 mm, o resíduo de couro wet-blue foi reservado para a etapa de extrusão. A temperatura em torno de 165° C é o ponto de fusão da resina de polipropileno utilizada indicada pelo fabricante, no entanto, utilizou-se no processamento uma temperatura superior à de fusão para garantir que toda massa estivesse fundida. Aplica para o processamento em extrusora uma velocidade de aproximadamente 22 rpm e um perfil de temperatura de operação de 175° C no primeiro estágio, 160° C no segundo estágio, 150° C no terceiro estágio e 135° C no quarto e último estágio (com variação de $\pm 3^\circ$ C em cada um dos quatro estágios) e alimentação processual proporcional de 20% de resíduo de couro wet-blue e 80% de polipropileno (PP), ambos em massa.

[023] Depois de extrusado, o ALR fabricado deve ser separado em 70% e 30% em massa. Conforme a norma da ABNT NBR 7211 (2009), são classificados como agregados miúdos aqueles materiais granulares

passantes em peneira de malha 4,75 mm. Sendo assim, posteriormente à separação do Agregado Leve Reciclado (ALR), cominuir os 70% em massa do material em moinho de facas utilizando peneira malha de 4,0 mm e os 30% restantes deve ser micronizado, passando por peneira de malha de 1,5 mm.

[024] O ALR é caracterizado quanto à sua granulometria e massa específica, pois estas constituem informações necessárias principalmente para a preparação da areia e para o cálculo dos traços das matrizes cimentícias. Após isso, no intuito de evitar interferências e influências de diferentes granulometrias nas matrizes cimentícias, a areia foi preparada com base no ensaio granulométrico do ALR. Assim, a areia foi seca em estufa, passou pelo processo de peneiramento e depois foi separada em percentuais iguais aos da composição granulométrica do ALR. A Norma NBR 7211 (ABNT, 2009) cita no mínimo quatro granulometrias distintas para utilização nas matrizes cimentícias. Assim, para que a areia se adequasse ao agregado leve e apresentasse maior uniformidade, seis granulometrias diferentes foram utilizadas: 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm e o fundo. A areia também foi analisada quanto à sua massa específica, através do ensaio determinado pela NBR NM 52 (ABNT, 2009), que resultou em um valor 2,60 g/cm³, diferente do ALR, de massa específica igual a 0,898 g/cm³. Visto que as massas específicas do ALR e da areia são distintas, a substituição dos materiais foi realizada em volume utilizando a Equação 1, a seguir:

$$MALR = \frac{M_{AREIA}}{\gamma_{AREIA}} \times \gamma_{ALR}$$

[025] Na qual:

$MALR$ = Massa do ALR;

M_{AREIA} = Massa da areia;

γ_{AREIA} = Massa específica da areia (2,60 g/cm³)

γ_{ALR} = Massa específica do ALR (0,898 g/cm³)

[026] Para comprovar os benefícios técnicos da matriz cimentícia proposta, matrizes isentas de ALR foram preparadas também, considerando-se estas como matrizes referência. Paralelamente foram preparadas matrizes cimentícias contendo distintos teores de ALR (até 75%) em substituição (em volume) à areia. As matrizes referências apresentaram o traço, em massa, de 1:3 (cimento:areia) e relação água/cimento de 0.48, sendo que o traço da argamassa referência foi adotado com base na ABNT NBR 7215:1996.

[027] Inicialmente as matérias primas para os corpos de prova de matrizes cimentícias, como o cimento Portland tipo V - ARI, a areia e a água, foram dosadas em potes e pesados conforme traço pré-determinado com e sem o ALR, então a mistura dos materiais para produção das matrizes cimentícias foi realizada em um misturador vertical mecânico, conhecido como Argamassadeira, onde se realizou a homogeneização da massa de maneira contínua, ou seja, sem paralisar a operação. Primeiramente foram adicionados o cimento e um terço da quantidade de água, que ficaram em mistura durante 1 minuto em velocidade alta. Depois, também nessa velocidade e por 1 minuto, foram adicionados à mistura a areia preparada e mais um terço de água. Em seguida, acrescentou-se o agregado leve reciclado (ALR) e o restante da água, que ficaram em agitação lenta por 1 minuto. Por último, após a adição das matérias-primas, a argamassa resultante ficou em agitação por 3 minutos em velocidade alta. Observação: os tempos de 1 minuto podem variar de 1 a 3 e a areia e o ALR são adicionados com baixa velocidade de rotação durante um intervalo variável de 30 a 90 segundos cada. Por fim, para todas as misturas foi determinado o índice de consistência de cada matriz na mesa de consistência (flow table). Com isso, constatou-se que o aumento do teor de substituição da areia pelo

ALR resulta na perda de trabalhabilidade das matrizes na mesa de consistência, “flow table”. Desta forma, a variabilidade do índice de consistência normal das matrizes cimentícias é de cerca de 220 mm para a referência, reduzindo para 120 mm com a substituição de 75% da areia pelo ALR.

[028] Após a determinação do índice de consistência, a matriz cimentícia é lançada em moldes (formas). Após 24 horas do lançamento das matrizes nas formas, essas matrizes devem ser desmoldadas e curadas à temperatura ambiente (ou em cura úmida) até a idade em que as amostras foram submetidas aos ensaios de resistência à compressão, massa específica, índice de vazios, absorção, caracterização microestrutural e ambiental (lixiviação e solubilização).

[029] Para a comprovação da eficácia da substituição de até 75% em massa da areia pelo ALR de resíduos de couro wet-blue incorporado em polipropileno (PP), após o preparo das matrizes cimentícias, são realizados ensaios através dos quais são obtidos resultados que demonstram boas qualidades mecânicas, físicas, químicas e ambientais. Em relação às matrizes no estado fresco, se obteve valores de referência para o ensaio na mesa de consistência (flow table). Foi verificado índice de consistência de 220 mm para as matrizes de referência, a 120 mm para até 75% de ALR.

[030] É interessante salientar que, na avaliação em estado endurecido, essas matrizes cimentícias mesmo contendo 75% de ALR, atingiram resultados significativos. O aumento da substituição da areia pelo ALR reduziu a resistência à compressão de 42 MPa para as matrizes referência a 11 MPa para as matrizes contendo 75% de AL aos 28 dias (desvio padrão de 0,50 MPa).

[031] Conforme citado acima, segundo norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), para determinação das

propriedades físicas do material foram utilizadas matrizes cimentícias de referência e outras matrizes cimentícias que foram preparadas com o mesmo traço, mas contendo teores ALR, em substituição ao volume de areia, de 25%, 50% e 75%. Estes teores foram adotados para a realização de ensaios de resistência à compressão axial, massa específica, índice de vazios e absorção na idade de 28 dias de cura das matrizes no estado endurecido. Tanto o ALR, quanto a areia e o cimento foram caracterizados quimicamente antes da mistura das matrizes. As matrizes cimentícias foram caracterizadas também do ponto de vista morfológico, através de microscópio eletrônico de varredura. Em relação à caracterização física, referente a absorção de água e índice de vazios os valores aumentaram na medida em que o teor de substituição da areia pelo ALR aumentou. A massa específica das matrizes reduziu com o aumento do teor de ALR em substituição à areia, alcançando uma redução em torno de 28% em relação à matriz referência sem adição do ALR. Quanto a caracterização ambiental (lixiviação e solubilização), foi verificado que as matrizes contendo 75% de agregado leve foram caracterizadas como Classe II B - Inerte. Análises complementares foram realizadas com auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV/EDS) e por espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

[032] Para uma avaliação mais aprofundada quanto a existência de influências significativas na variável resposta resistência à compressão, aplicou-se ainda a técnica de análise estatística de variância (ANOVA) à todos os resultados obtidos nos ensaios mecânicos, para o efeito idade e teor de ALR na resistência à compressão. A partir dos resultados obtidos pela ANOVA, pode-se verificar a existência de diferenças significativas entre as idades ($F=176,41$; $p\text{-value} = 1,8119E-12$) e entre os teores ($F=15,52$; $p\text{-value}=0,00117$). Dessa maneira, de forma mais clara e confiável, afirma-se que tanto as idades quanto os teores provocaram influência significativa nos

resultados de resistência à compressão axial das matrizes cimentícias. Visto que a ANOVA demonstrou diferenças significativas entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Duncan. Para isso, foram comparadas as diferenças entre as idades de 7 e 28 dias em cada teor e também foram avaliadas as combinações dos teores para cada idade. A partir da diferença obtida entre as idades de 7 e 28 dias dentro de cada teor avaliado, pode-se verificar que houveram diferenças significativas na matriz de referência (0% ALR) na idade de 7 para os 28 dias, bem como para o teor de 25% de ALR, o que se explica pela utilização do cimento de alta resistência inicial. Sendo assim, para o teor de 0% ALR e 25% ALR, a variável tempo é significativa para a resistência à compressão. Nos teores de 50% ALR e 75% ALR isto não ocorre, indicando que o aumento do teor agregado não provoca diferença na resistência à compressão ao longo do tempo. A mesma avaliação foi feita comparando-se as variações entre as médias dos teores dentro de cada idade. Foram observadas diferenças significativas entre todos os teores para ambas as idades analisadas. Por conta disso, conclui-se que todo o aumento da substituição da areia pelo ALR reduziu a resistência à compressão das matrizes cimentícias. Entretanto, não houve queda significativa da resistência à compressão entre o aumento dos teores de ALR de 50% para 75%

[033] É muito importante salientar que apesar de haver queda na resistência à compressão das matrizes cimentícias na medida em que o teor de substituição da areia pelo ALR é aumentado, as matrizes contendo 75% de ALR atingiram resistência à compressão média de 11 MPa (desvio padrão de 0,5) aos 28 dias, ou seja, valor muito superior ao correspondente à resistência à compressão de elementos de vedação da construção civil, como por exemplo os blocos cerâmicos de vedação (não estrutural) os quais precisam ter resistência à compressão mínima de 1.50 MPa. Isto mostra que, com base nos resultados apresentados, o teor de 75% de ALR foi o melhor

traço, sob o aspecto ambiental, pois utilizou maior quantidade de resíduo e a resistência à compressão das matrizes (11 MPa) ficou bem acima da resistência mínima para elementos de vedação (não estruturais) da construção civil (1.50 MPa para blocos de vedação cerâmicos).

[034] Portanto, com base nos resultados de resistência à compressão das amostras contendo 75% de ALR, observa-se que pode ser elevado o traço 1:3 ((cimento: 25% areia + 75% ALR) agregado miúdo) para até 1:6 (cimento: 25% areia + 75% ALR) para que a resistência à compressão mínima de 1.50 MPa para a obtenção de elementos de vedação (sem função estrutural) para a construção civil seja atingida. Por fim, as matrizes cimentícias contendo o agregado leve reciclado (ALR) apresentam melhores características de isolamento térmico/acústico, uma vez que o ALR apresenta maior porosidade quando comparada a areia natural.

[035] Além disso, como já mencionado, as matrizes cimentícias contendo o ALR apresentam menor peso próprio, o que pode acarretar menor peso na estrutura. Isto tem como benefício menores cargas na estrutura e nas fundações, podendo influenciar em estruturas mais esbeltas e fundações mais econômicas quando comparadas a uma edificação com materiais convencionais. Neste sentido, com base nos resultados observados para as matrizes contendo 75% de ALR, estima-se que os percentuais em massa dos materiais a serem utilizados, por metro cúbico da matriz cimentícia, para obtenção de elementos não estruturais para a construção civil sejam cerca de 33% de cimento, 25% de areia; 26% de agregado leve reciclado (ALR) de resíduo de couro wet-blue incorporado em PP, e de 16% de água.

[036] Portanto conclui-se que o reaproveitamento do resíduo de couro wet-blue proveniente da etapa de rebaixe em curtume, incorporado em polipropileno, de maneira sustentável, para uso como agregado leve

reciclado em matrizes cimentícias pela construção civil, se faz possível, sofrendo influência nas propriedades no estado fresco e no estado endurecido, com redução na resistência à compressão destas conforme o aumento do seu teor, podendo ser utilizado como agregado em matrizes cimentícias não estruturais de menor impacto ambiental como “matriz cimentícia verde”.

[037] É importante salientar que as figuras e descrição realizadas não possuem o condão de limitar as formas de execução do conceito inventivo ora proposto, mas sim de ilustrar e tornar compreensíveis as inovações conceituais reveladas nesta solução. Desse modo, as descrições e imagens devem ser interpretadas de forma ilustrativa e não limitativa, podendo existir outras formas equivalentes ou análogas de implementação do conceito inventivo ora revelado e que não fujam do espectro de proteção delineado na solução proposta.

[038] Tratou-se no presente relatório descritivo de uma composição de matriz cimentícia à base de agregado leve reciclado de couro wet-blue incorporado em polipropileno e seu respectivo processo de obtenção, dotado de novidade, atividade inventiva, suficiência descritiva, aplicação industrial e, conseqüentemente, revestido de todos os requisitos essenciais para a concessão do privilégio pleiteado.

REIVINDICAÇÕES:

1- PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO E PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE, caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- a) Coletar e caracterizar o resíduo de couro wet-blue (WB);
- b) Remover a umidade superficial do WB em estufa;
- c) Cominuir o WB em moinho de facas;
- d) Extrusar o WB com polipropileno (PP);
- e) Separar em 70% e 30% (em massa) o material extrusado;
- f) Cominuir em moinho de facas os 70% do material extrusado;
- g) Micronizar os 30% do material extrusado;
- h) Caracterizar o agregado leve reciclado sob os aspectos físicos, químicos, ambientais;
- i) Preparar a areia;
- j) Determinar massa específica da areia;
- k) Calcular matérias-primas (cimento, água, areia e agregado leve);
- l) Preparar as matrizes cimentícias;
- m) Adicionar o cimento Portland;
- n) Adicionar a água de forma parcial no misturador;
- o) Manter mistura sob agitação;
- p) Adicionar gradualmente a areia;
- q) Adicionar a água de forma parcial no misturador;
- r) Manter mistura sob agitação;
- s) Adicionar gradualmente o agregado leve reciclado de resíduo de couro wet-blue incorporado em polipropileno;
- t) Adicionar o restante da água;
- u) Manter mistura sob agitação;

v) Realizar ensaios;

2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “b”, compreender a remoção da umidade superficial do resíduo de couro wet-blue em estufa com exaustão, em temperatura de 40° C, por um período mínimo de 1 hora.

3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “c”, compreender o uso de peneira malha de 4,0 mm em moinho de facas na cominuição do resíduo de couro wet-blue já cominuído em moinho de facas após a etapa “b”.

4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “d”, compreender o processamento em extrusora com velocidade de aproximadamente 22 rpm e um perfil de temperatura de operação de 175° C no primeiro estágio, 160° C no segundo estágio, 150° C no terceiro estágio e 135° C no quarto e último estágio (com variação de $\pm 3^\circ$ C em cada um dos quatro estágios) e alimentação processual proporcional de 20% de resíduo de couro wet-blue e 80% de polipropileno (PP), ambos em massa.

5. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “e”, realizar separação de 70% e 30% em massa do material extrusado na etapa “d”.

6. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE

RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “f” compreender o uso de peneira malha de 4,0 mm em moinho de facas na cominuição dos 70% (em massa) do material extrusado separado na etapa “e”.

7. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “g”, compreender o uso de peneira malha de 1,5 mm na micronização dos 30% (em massa) do material extrusado separado na etapa “e”.

8. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “h”, compreender a caracterização do agregado leve reciclado quanto à sua massa específica, granulometria e ensaios ambientais de lixiviação e solubilização do cromo total.

9. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “i”, compreender a preparação da areia conforme proporções resultantes da caracterização granulométrica do agregado leve extrusado.

10. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “k”, compreender o cálculo dos materiais para o preparo das matrizes cimentícias.

11. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “l”, compreender a preparação das matrizes cimentícias de cimento Portland tipo V - ARI, agregado leve reciclado (ALR), areia e água.

12. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pelas etapas: -

“n”, “q” e “t”, as quais representam um total de três adições de água, compreender a adição parcial de 1/3 da quantidade total de água em cada uma das três etapas;

- “o” e “r”, ocorrerem sob alta velocidade durante um período de 1 a 3 minutos.

13. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pela etapa “u”, ocorrer sob baixa velocidade durante um período de 1 a 3 minutos, seguido de alta velocidade por um período de cerca de 1 minuto.

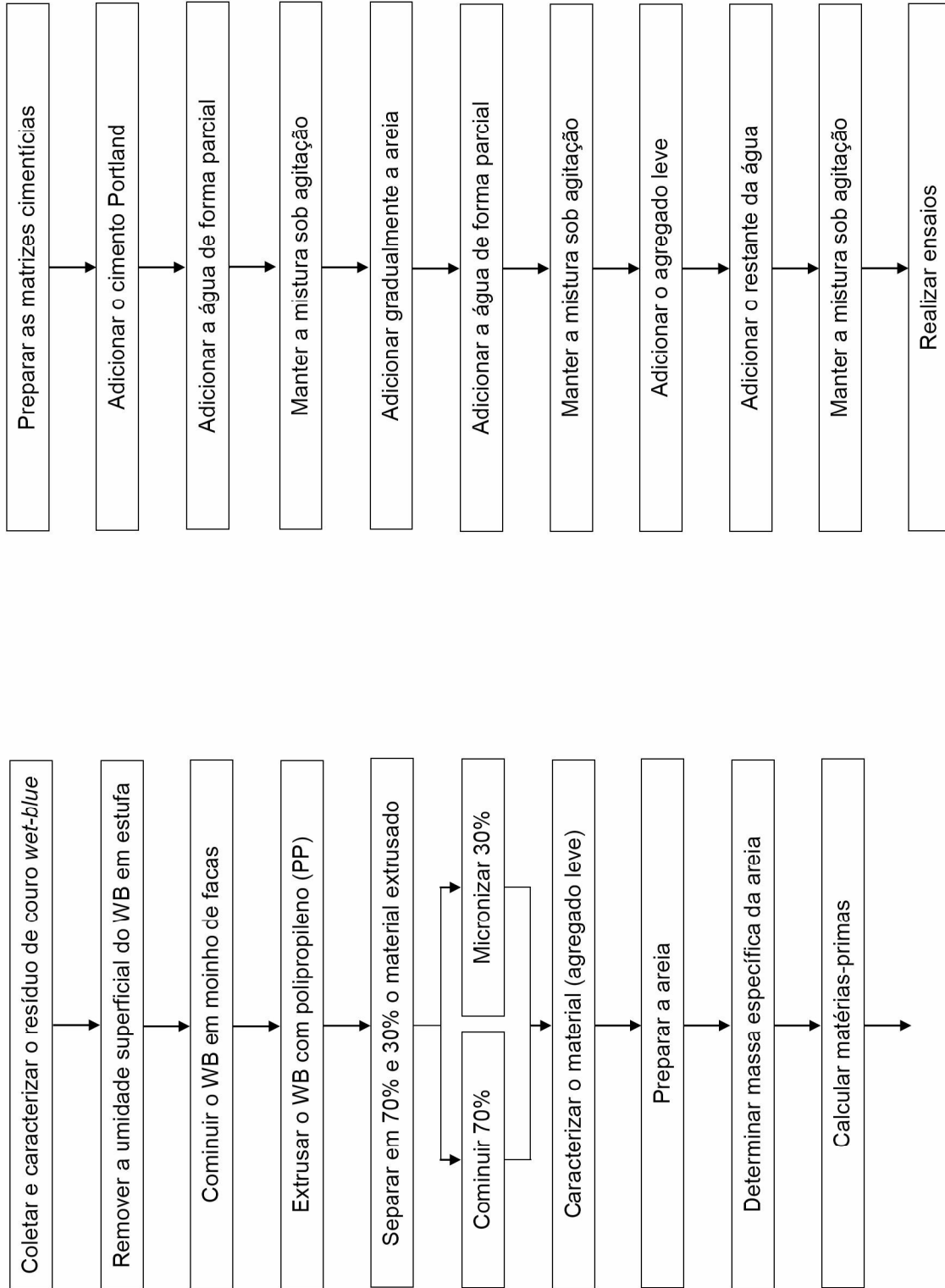
14. PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE RECICLADO, de acordo com a reivindicação 1, e caracterizado pelas etapas:

- “p” e “s”, serem realizadas mantendo-se baixa velocidade durante um intervalo de 30 a 90 segundos;

- “m” em diante, referente à mistura ser realizada em misturador vertical mecânico, até a etapa “u” de homogeneização completa da matriz cimentícia.

15. COMPOSIÇÃO DE MATRIZ CIMENTÍCIA À BASE DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO de acordo com a reivindicação 12, e caracterizada por conter um traço de 1:3 a 1:6 de cimento em relação à areia, relação água/cimento de 0,48, com substituição do volume de areia por até 75% do agregado leve reciclado à base de resíduo de couro wet-blue extrusado em polipropileno.

FLUXOGRAMA



RESUMO

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGREGADO LEVE RECICLADO DE RESÍDUO DE COURO WET-BLUE INCORPORADO EM POLIPROPILENO E PREPARO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS COM O AGREGADO LEVE

A presente invenção pertence ao setor tecnológico de materiais de construção aplicados à engenharia civil e refere-se, mais especificamente, ao processo de produção de agregado leve reciclado (ALR) produzido a partir de resíduos de couro wet-blue (WB) incorporados em polipropileno (PP) e o preparo de matrizes cimentícias utilizando o ALR. A matriz cimentícia proposta substitui, de forma parcial, o agregado natural miúdo (areia), pelo ALR. O invento tem como principal objetivo proporcionar uma diminuição no impacto ambiental causado pelo descarte inadequado dos resíduos de couro wet-blue e ainda contribuir para a redução do encaminhamento desses resíduos aos aterros de resíduos industriais perigosos (ARIP). Esse ALR pode ser utilizado como agregado miúdo leve para a construção civil, pois sua massa específica é menor que 2.0 g/cm^3 , reduzindo a massa específica resultante da matriz cimentícia no estado seco, sem perda das propriedades essenciais necessárias para a sua utilização como elemento não estrutural para a construção civil, como blocos de vedação, divisórias e forros.