

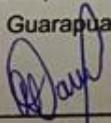
Ata N° 023 da Reunião da Comissão Examinadora de Defesa do Trabalho de Conclusão De Curso (TCC) em Engenharia Civil

Aos 19 dias do mês de Novembro do ano de 2024, nas dependências do(a) Camporeal, em Guarapuava, PR, no Videoconferência, às 18:00 horas, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelo(a) Professor(a) Orientador(a) Paulo Henrique Carvalho Mello, na qualidade de Presidente da Comissão Examinadora e os Professores Pedro Teles de Andrade Neto e Barbara Pergher Dala Costa, integrantes da banca examinadora, para análise do TCC intitulado "UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DE BAIXO IMPACTO NA REGIÃO DE GUARAPUAVA/PR", elaborado na forma escrita e apresentado na forma ORAL pelo(a) acadêmico(a) Mayara Fontanella, como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenharia Civil desta instituição. Aberta a reunião, o(a) senhor(a) Presidente concedeu a palavra ao(a) acadêmico(a) para que no prazo de até 15 minutos expusesse seu trabalho. Aos professores componentes da comissão Examinadora foi concedido tempo de até 15 minutos para suas considerações e debate com o(a) autor(a) do trabalho. Uma vez esgotado o prazo concedido aos professores e ao(a) acadêmico(a), o(a) senhor(a) Presidente convocou a participação dos professores componentes da Comissão Examinadora para avaliação final do Trabalho de Conclusão de Curso, tendo o seguinte parecer:

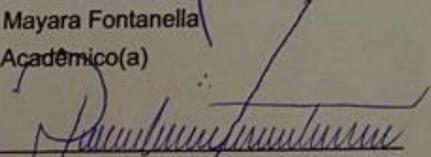
- Aprovado com nota:
 Reprovado:

9,0

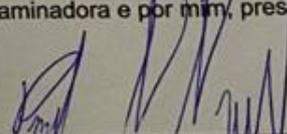
O(A) acadêmico(a) deverá apresentar ao(a) Professor(a) Orientador(a), durante o prazo máximo de trinta dias, a contar da data de apresentação oral do trabalho as reformulações sugeridas. Agradecendo a presença de todos, o(a) Senhor(a) Presidente encerrou a reunião. Do que para constar, lavrou-se a presente ata que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Examinadora e por mim, presidente da banca. Guarapuava-PR, 19 de Novembro de 2024.



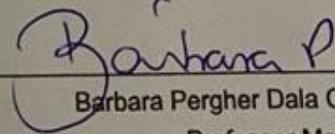
Mayara Fontanella
Acadêmico(a)



Pedro Teles de Andrade Neto
Professor Membro



Paulo Henrique Carvalho Mello
Professor Orientador



Barbara Pergher Dala Costa
Professor Membro

UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DE BAIXO IMPACTO NA REGIÃO DE GUARAPUAVA/PR

FONTANELLA, Mayara¹

MELLO, Paulo Henrique Carvalho²

RESUMO: A construção civil é um dos setores propulsores da economia no Brasil e um ramo com inúmeras questões para serem solucionadas com uma problemática a ser resolvida devido ao descarte elevado de resíduos sem destinação correta. O principal objetivo é a destinação racional e reciclagem desse material para utilização na pavimentação asfáltica, substituindo materiais brutos de maneira sustentável e com viabilidade econômica. Destaca-se como um assunto relevante e atual, pouco explorado com possibilidades de expandir maiores informações técnicas, físico-mecânicas, arranjos a serem adotados e seu desempenho. Informações fundamentais para efetivamente assegurar a substituição em relação a agregado natural, gerando economia, sustentabilidade, viabilidade econômica e redução dos impactos ambientais. Os resultados obtidos foram aceitáveis e sua utilização viável.

PALAVRAS-CHAVE: pavimentação, asfáltica, agregado reciclado.

ABSTRACT: Civil construction is one of the driving sectors of the economy in Brazil and a sector with numerous issues to be resolved a problem to be resolved due to the high level of waste disposal without correct disposal. The main objective is the rational destination and recycling of this material for use in asphalt paving, replacing raw materials in a sustainable and economically viable manner. It stands out as a relevant and current subject, little explored with possibilities of expanding further technical, physical-mechanical information, arrangements to be adopted and their performance. Fundamental information to effectively ensure replacement in relation to natural aggregate, generating savings, sustainability, economic viability and reducing environmental impacts. The results obtained were acceptable and their use was viable.

KEYWORDS: asphalt paving, aggregate, recycled.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a construção civil tem se expandido, sendo responsável pela grande geração de renda e empregos no Brasil. O avanço populacional e a grande demanda do setor contribuíram para alavancar o progresso e crescimento de maneira considerável, onde tal expansão propiciou a geração de resíduos oriundos de maneira desordenada e sem a efetiva preocupação com questões ambientais existentes

¹ Graduada em Engenharia Agrônoma. Graduada de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real. Engenheira Agrônoma. Email: engc-mayarafontanella@camporeal.edu.br

² Graduado em Engenharia Civil. Mestrando em estruturas e geotecnia. Professor no Centro Universitário Campo Real. prof_paulomello@camporeal.edu.br

(ABREMA,2024).

Destaca-se a produção excessiva e ao destino aleatório desses materiais na natureza, para tanto, os estudos têm se intensificado na busca racional para fins sustentáveis e reutilização. Cerca de 70% dos descartes sólidos são provenientes das áreas urbanas e tem como origem a construção civil, estes são rejeitos misturados de diferentes materiais sem pré-seleção e nem classificação prévia (OLIVEIRA et al.,2020).

Os agregados reciclados são obtidos através de todo um processo que engloba desde a coleta, transporte, triagem, classificação visual, britagem, moagem, peneiramento, armazenagem e/ ou destino. Na etapa de peneiramento efetua a classificação deste agregado por tamanho, em decorrência de todo um processo mecânico de esteiras e peneiras vibrando pela propulsão de um rotor, fazendo com que o material se separe por densidade, conseqüentemente obtendo materiais de tamanhos e formatos distintos (PUPIN et al., 2021).

Segundo a NBR 15116, Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios (ABNT, 2021) os agregados podem ser classificados em: agregados mistos (ARM) compostos por diversos materiais cimentícios e cerâmicos, agregados reciclados cimentícios (ARCI), composto por resíduos cimentícios (argamassas, concreto, artefatos de concreto entre outros.), agregado reciclado de concreto (ARCO). Tais subprodutos de demolições e descartes de obras após seu processamento devido podem ser reaproveitados, gerando para outras finalidades reduzindo custos de produção e visando uma alternativa ecológica. Destaca-se a aplicação de agregados em argamassas, contrapisos, concreto, tijolos ecológicos, artefatos em concreto, pavers, entre outros produtos com comercialização e viabilidade econômica (SOUZA et al.,2019).

Os estudos veem se aprimorando com desenvolvimento de tecnologias no processamento de forma indispensável para solucionar e desenvolver práticas que amenizem questões ambientais de grande impacto e com grande volume de produção, qual é o caso dos resíduos gerados na construção civil. Os dados evidenciam a eficiência dos agregados reciclados na substituição de materiais naturais conforme a região de abrangência, propiciando redução de danos ambientais e viabilidade econômica (ALMEIDA et al. 2021).

A utilização de materiais alternativos na construção civil é um assunto relevante atualmente e necessário para tornar-se um setor mais sustentável, garantindo as

próximas gerações melhor qualidade de vida e difundindo boas práticas ao meio ambiente, com responsabilidade e construindo ideologias a serem colocadas em pauta, para que efetivamente executadas conseqüentemente reduzindo os insumos gerados pela construção civil.

O presente trabalho tem como objetivo observar o comportamento, especificar tipo e a utilização desse agregado reciclado na pavimentação asfáltica em pequenos condomínios com baixo fluxo de veículos. A análise abordará verificação laboratorial e in loco dos materiais utilizados em camadas de base e sub-base. Tais constatações irão levar em consideração sua performance comparada com matéria prima natural bruta, seus aspectos físico-mecânicos e respectivamente a correlação aos critérios exigidos segundo a normativa vigente.

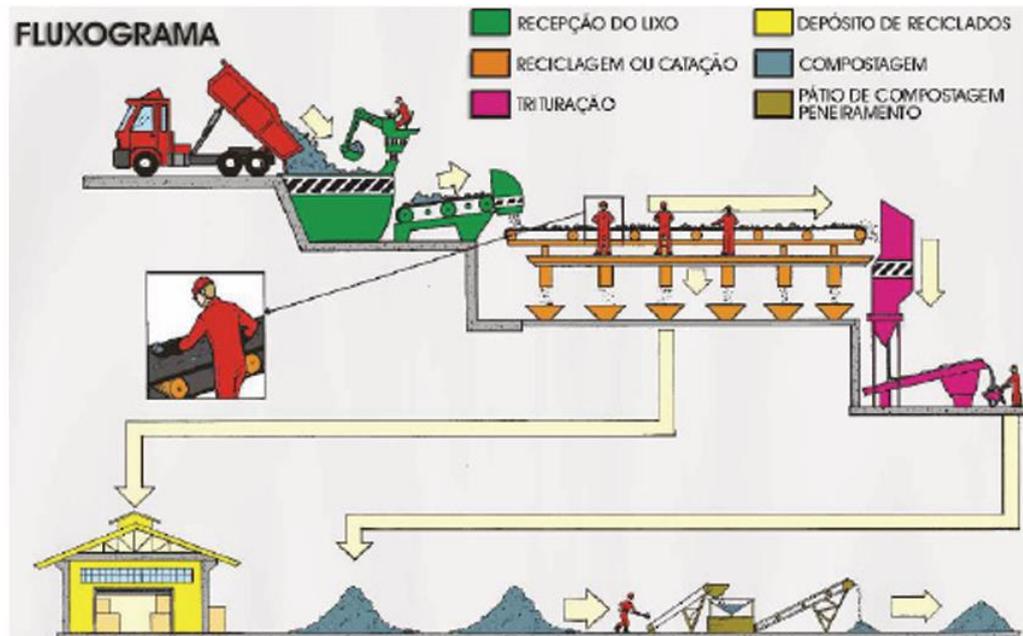
2 METODOLOGIA

A pesquisa de uso alternativo de materiais reciclados, pretende relatar a classificação, processamento, condução, controle e aplicação do mesmo em uma atividade já existente, assim como efetuar a comparação com uso de matéria prima natural, o basalto existente em abundância na região Centro-sul do Paraná. No município de Guarapuava, os agregados reciclados são destinados a uma empresa privada e possui somente uma usina de reciclagem credenciada pela prefeitura.

Com o crescimento e expansão da cidade algumas incorporadoras iniciaram atividades utilizando os agregados reciclados visando ser um empreendimento sustentável. Em 2019 iniciou-se a parceria para efetuar a pavimentação de alguns complexos imobiliários com agregado reciclado, seguindo algumas orientações e diretrizes do Pavimento Ecológico desenvolvido na década de 90 pela USP.

A Figura 1 exemplifica como funciona desde a coleta do RCC (Resíduos da Construção Civil) até a armazenagem. Onde o material é coletado por caçambas de entulho onde são transportadas até a usina de reciclagem, está por sua vez recebe esse material misto e destina ele a uma doca de despejo para seguir a triagem, posteriormente a trituração através de um rotor, classificação por peneiras e retrilha para área de armazenagem final obtendo alguns produtos distintos. Após a armazenagem esse material é distribuído e utilizado na pavimentação asfáltica.

Figura 1 – Fluxograma do Processo de Recepção na Usina de Reciclagem



Fonte: Engenharia Compartilhada (2017).

Na figura acima ilustra o passo a passo desde a coleta dos materiais em obras até a destinação até a usina de reciclagem onde esse material é recepcionado passa pelas esteiras de catação e separação para posteriormente serem triturados, ocorrendo sua classificação conforme peneira.

Segundo as diretrizes do CONAMA (2002), os resíduos gerados pela construção civil através de demolições, reparos, construções e reformas, são denominados entulhos provenientes de obra com uma composição bem homogênea de tijolos, concreto, madeira, solo, fios, gesso, ferro entre outros materiais que são misturados nas caçambas de entulhos. Onde este RCC (Resíduos de Construção Civil) é classificado em 4 classes, sendo elas A, B, C, D conforme Figura 2 abaixo.

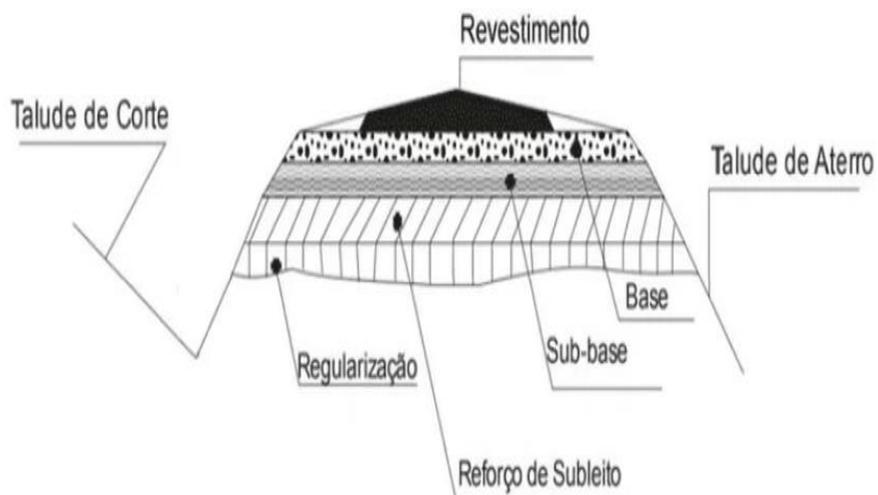
Figura 2: Classificação dos Resíduos de Construção Civil



Fonte: Resíduos (2021).

Segundo a ABNT NBR 15116:2021, a classificação auxilia no processamento dos materiais desejáveis para pavimentação asfáltica, como é o caso da Classe A composta por agregados como tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto entre outros, tais agregados reciclados de concreto (ARC) são permitidos para utilização na pavimentação flexível, sendo uma opção viável de material para substituição nas camadas constituintes como: Base, Sub-Base e Reforço de Sub-leito como se observa na Figura 3.

Figura 3: Constituição das Camadas de Pavimentação



Fonte: Viana (2010, p.11).

A execução consiste em uma pavimentação interna de um complexo de edifícios com baixo fluxo, ou seja, quantidade reduzida de veículos de carga com aproximadamente 500 metros lineares com 14 metros largura de pista de rolagem. A área compreende o contorno dos imóveis onde se predomina Latossolo Bruto Distroférico, um solo argiloso, profundo e sem presença de rochas (DNIT/198, 2021).

A Tabela 1 mostra algumas características da pista estudada dentro do condomínio.

Tabela1: Características da Pista de rodagem

Camada	Compactação	Espessura (cm)	Composição CBUQ
Revestimento	Intermediária	15	28% de brita 19 mm, 24% de brita 9,5 mm, 25% de areia e 23% de argila.
Base	Intermediária	17	34% de brita 19 mm, 35% de brita 9,5 mm, 16% de areia e 15% de argila.
Sub-Base	Intermediária	17	

Fonte: A Autora (2024).

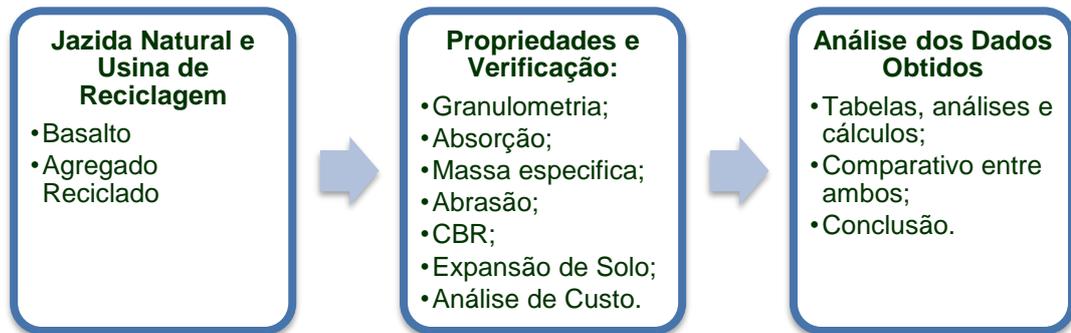
Segundo alguns autores como Grubba (2009) e Souza et al. (2019) deve-se aplicar alguns ensaios físico-mecânicos fundamentais para constatação das características principais dos agregados a serem utilizados visando garantir qualidade e durabilidade do pavimento.

A amostragem realizada foi de 3 amostras simples e será seguido as normativas vigentes. Para verificação do solo onde será efetuado pavimentação aplica-se o teste de granulometria e compactação. E para os agregados reciclados e agregados naturais será efetuado testes laboratoriais e in loco de granulometria, absorção, massa específica, abrasão Los Angeles e índice de suporte Califórnia (CBR).

A metodologia adotada evidencia de maneira numérica, através de tabelas e regressões o banco de dados obtidos com as amostragens. Para exemplificar o passo

a passo do trabalho observa-se no fluxograma abaixo a sequência de todo o estudo abordado.

Figura 4: Fluxograma com o processamento de dados



Fonte: A Autora (2024).

2.1 MATERIAS UTILIZADOS PARA ESTUDO

Os materiais utilizados para estudo foram:

- Agregado reciclado graúdo e médio e fino;
- Rachão basáltico;
- Solo.

2.2 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS

As propriedades dos agregados de asfalto são necessárias para estabelecer a qualidade da pavimentação final. Destacando-se a importância de padrões estabelecidos, o processo de produção e classificação, a aplicação e as normas regulamentares seguidas.

2.2.1 Ensaio de Granulometria

Para efetuar o teste de granulometria foi seguido a NBR 7211/2022. Foram utilizadas 2 amostras de cada com 1 kg, Jogo de peneiras (50; 38; 25; 19; 9,5; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,42; 0,30; 0,15; 0,075mm); agitador de peneiras com time e balança para posteriormente pesar. Desta classificação se obtém rachão, brita 1, brita 2, brita 3, pedrisco, areia ou pó de pedra e solo brita (Figura 5). Para limite superior deseja-

se 38 mm no caso da sub-base e base e 19 mm nas camadas superficiais.

Figura 5: Separação de agregado por peneira



Fonte: Usina Verde (2024).

O material coletado, pesado, efetuado peneiramento obteve-se a curva granulométrica conforme os dados processados através do cálculo abaixo:

PRA (Percentual retido acumulado) = massa retida na peneira / massa total da amostra x100

PPA (Percentual passante acumulado) = 100 - PRA

2.2.2 Massa específica e Absorção

Na análise da massa específica foi utilizado a ABNT NBR NM 53/2002, obtendo resultado através da imersão da amostra em água, massa da amostra úmida, imersa, seca e volume. As fórmulas utilizadas foram:

$$\text{M.E. Aparente} = \frac{PS}{PS - PI} \quad (1)$$

$$\text{M.E. SSS} = \frac{PH}{PH - PI} \quad (2)$$

$$\text{M.E. Seca} = \frac{PS}{PH - PI} \quad (3)$$

$$\text{Absorção} = \frac{PH - PS}{PS} \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

PS: Peso seco (g);

PI: Peso imerso (g);

PH SSS: Peso úmido (g).

2.2.3 Abrasão “Los Angeles”

O Ensaio Abrasão Los Angeles é o método para qual o material é submetido a dois cilindros giratórios em rotação qual é acionado a um trabalho por determinado tempo cerca de 30 minutos, intencionalmente causando atrito para verificar a capacidade desse agregado suportar desgaste e quebra como ocorre em um tráfego de veículos. Segundo a NBR NM 51/ 2001 o índice de desgaste não pode ser superior a 50% na amostra final obtida. Para obter a porcentagem utiliza-se a fórmula seguinte:

$$P = (M_i - M_f) / M_i \quad (5)$$

Onde:

P: Perda por abrasão (%);

M_i: Massa do Material inicial;

M_f: Massa final obtida.

2.2.4 Índice de Suporte Califórnia (CBR)

O ensaio visa determinar a resistência correlacionada do solo com a brita utilizada, no caso os agregados utilizados. Moldou-se 10 corpos de prova com o teor de umidade ótima (ou seja, próximo do valor obtido pelo ensaio de compactação), posteriormente efetuado ensaio de penetração para os parâmetros de valor real de compactação e de CBR. Segundo a NBR 1515 existem valores fixados para CBR mínimo para ACC e conforme suas aplicações conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Valores mínimos fixos de ISC e máximos de expansão para Agregados Reciclados para utilização em pavimentação

Parâmetro	Base	Sub-base	Reforço
ISC%	≥ 80%	≥ 20%	≥ 12%
Expansão%	≤ 0,5%	≤ 1,0%	≤ 1,0%

Fonte: Norma NBR 15115, ABNT (2004).

2.2.5 Expansão de Solo

A expansão do solo é uma garantia para verificar o comportamento do solo com o recebimento de uma camada de composição distinta, ou seja, consiste na verificação da capacidade de expansão ocasionando deformações em seu leito. Para funcionalidade estrutural da base segundo ABNT NBR 7182 NBR7182, a expansão do solo deve ser inferior ou igual a 0,5 %.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para verificação e controle de obras de pavimentação alguns critérios são fundamentais, sendo eles a aferição das propriedades dos agregados assim como o processo de execução do pavimento.

4.1 GRANULOMETRIA

A granulometria de ambos os agregados é muito similar em aspectos de tamanho. Já no formato diferem principalmente que o agregado reciclado possui mais partículas laminares quando comparado com o agregado natural que é mais uniforme. Destaca-se também a presença de agregados finos na composição do agregado graúdo reciclado, conforme observa-se no quadro 1, sendo ele composto por argamassas, cimento e areia. Um ponto importante é a trituração ser bem uniforme e assegurar essa qualidade principalmente para a base para assegurar o travamento desse material, sua compactação e estabilidade. Dentre isto está o formato também, sendo desejável mais angular para ser mais eficiente no agregar e obtendo um bom desempenho ao ser compactado com o rolo compactador. Materiais com formato laminar e arredondados diminuem a facilidade em aderir e proporcionam pontos com maiores vazios entre os materiais colocados em camadas.

Quadro 1: Determinação da composição granulométrica

ABERTURA DAS PENEIRAS		PESO (g) 916,0	PORCENTAGEM RETIDA(%)	
ASTM	mm	RETIDO PENEIRA	RETIDA ACUMULADA	PORCENTAGEM RETIDA MÉDIA
3/8"	9,5	0,1	0,1	0,0
¼"	6,3	0,1	0,2	0,0

Nº 4	4,75	24,7	24,9	25,0
Nº 8	2,36	8,1	33,0	33,0
Nº 16	1,18	9,2	42,1	42,0
Nº 30	0,6	14,4	56,6	57,0
Nº 50	0,3	25,1	81,7	82,0
Nº 100	0,15	12,7	94,3	94,0
Material pulverulento (%)				5,7
TOTAL				916,0

Fonte: A Autora (2024)

4.2 ABSORÇÃO

A absorção dos materiais é distinta, o agregado natural absorve menos devido sua menor porosidade ao contrário do agregado reciclado, onde se destaca a necessidade do seu controle eficiente para evitar a ocorrência de expansão e contração de maneira desordenada desse pavimento ocorrendo possíveis patologias. Para o agregado reciclado obteve-se 8,0 % de absorção comparado ao agregado natural que foi de 0,6% conforme a tabela abaixo.

Tabela 3. Absorção dos agregados estudados

Agregado natural	(%)	Agregado reciclado	(%)
Absorção 1	8,5	Absorção 1	0,55
Absorção 2	7,5	Absorção 2	0,65
Absorção média	8,0	Absorção média	0,6

Fonte: A Autora (2024)

4.3 MASSA ESPECÍFICA

Obteve-se como resultado massa específica maior para agregados naturais, uma vez que oriundo de rocha basáltica como observa-se na tabela 4. E massa específica menor para ARC sendo a média de 2,179 g/cm³. O ARC é um agregado com menor massa específica devido ser um material com origens mistas e não ter somente material rochoso com o componente.

Tabela 4. Massa específica dos agregados estudados

Agregado natural		Agregado reciclado	
Massa específica 1	2,672	Massa específica 1	2,123
Massa específica 2	2,717	Massa específica 2	2,235
Massa específica média	2,6945	Massa específica média	2,179

Fonte: A Autora (2024)

4.4 ABRASÃO

Os resultados obtidos foram de 48,36 % de abrasão para os agregados reciclados, seguindo as regras da NBR 7211:2009 não é desejável ultrapassar 50% do peso inicial. A Tabela 5 mostra os valores obtidos em cada amostra coletada. Já para as amostras do agregado natural se deve um índice menor respectivamente. Mostrando-se o ARC um pouco mais susceptível a abrasão quando comparado ao material natural.

Tabela 5. Resultados do Ensaio de Abrasão “Los Angeles”

Amostra	Faixa granulométrica	Massa das frações antes do ensaio (g)	Massa das frações após o ensaio (g)	Perda de massa(% índice de abrasão
ARC	G	10003,3	5165,1	48,36%
RACHÃO	F	10002,6	6526,3	34,75%

Fonte: A Autora (2024)

Nas Figuras 6 e 7 mostra-se a aplicação in loco do ARC e a importância dos testes para verificação da estabilidade do material empregado e como é seu comportamento no momento que é espalhado e compactado com rolo corrugado.

Figura 6 – Agregado reciclado graúdo (Rachão)



Fonte: A Autora (2024).

A Figuras 6 acima, mostra o agregado graúdo sendo espalhado em camadas no leito compondo a sub-base. Já a Figura 7, mostra o ARC já compactado e selado mostrando o travamento das camadas.

Figura 7– Agregado reciclado compactado



Fonte: A Autora (2024).

4.5 ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)

Obteve-se de média 86,4 % de ISC, atendendo as normas mencionadas na tabela acima e para umidade ótima obteve-se 8,3% sendo um valor baixo e considera-se favorável para seu emprego e desempenho, seguindo os requisitos descritos na tabela 6 abaixo:

Tabela 6: Especificações de ISC para execução de Sub-Base e Base

Aplicação	ISC (%)	Expansibilidade (%)	Compactação
Agregado	≥ 60	≤0,5	Intermediária

Fonte: Norma NBR 15116, ABNT (2004).

Conforme a tabela acima o agregado obteve ISC superior a 60% e expansibilidade menor que 0,5 % atendendo aos requisitos exigidos pela norma em vigência.

4.6 EXPANSÃO DO SOLO

Para expansão de solo as amostras coletadas tiveram como resultado 0,1% de expansão o que se denota que o agregado reciclado poderá ser utilizado para as camadas sem apresentar patologias crônicas, os denominados “borrachudos” popularmente. O grau de compactação obtido em trabalho foi a média de 99,65 % conforme a tabela abaixo.

Tabela 7: Grau de Compactação

Grau de Compactação	(%)
Amostra 1	99,5
Amostra 2	99,8
Amostra 3	99,6
Amostra 4	99,7
Média das amostras	99,65

Fonte: Norma NBR 15116, ABNT (2004).

4.7 COMPARATIVO ENTRE AGREGADO NATURAL E RECICLADO

Abaixo abordamos um quadro comparativo entre ambos os materiais apresentados e suas respectivas diferenças.

Quadro 2: Diferenças entre ARC e Agregado Natural

Dados obtidos	Agregado Reciclado	Agregado Natural
Origem	Entulhos e demolições	Jazidas Naturais
Granulometria e Formato	<ul style="list-style-type: none">• Menor uniformidade, necessita seleção;• Formatos variáveis;• Mais quantidade de partículas finas;• Composição mista.	<ul style="list-style-type: none">• Mais uniforme;• Formato angular;• Menor quantidade de partículas finas;• Denso e rígido.
Absorção (%)	8,0%	0,6%
Massa Especifica (g/ c m ³)	2,179 g/cm ³	2,6945 g/cm ³
Abrasão (%)	48,36 %	34,75%
Índice de Suporte Califórnia (%)	86,4 %	Entre 80 a 100% (Não realizado)
Custo	Menor custo;	Maior valor ;

Fonte: A Autora (2024).

Observa-se que no Quadro 2, a origem dos materiais é distinta o ARC oriundo de entulhos e demolições. Já o agregado natural de uma jazida de basalto. Em aspectos de granulometria e formato quando se compara-os o ARC é menos uniforme com formatos variáveis, possuem maior quantidade de partículas finas e uma composição mista. Outro fator é o ARC ser mais poroso e tem uma taxa de absorção

bem maior quando se compara a outros materiais e um custo menor.

4.8 ANÁLISE DE CUSTOS

Foi realizada a análise de custo da pista com área de 7000 m² com espessura de 17 cm para base e sub-base, utilizando-se de 1190 m³ aproximadamente em cada camada. Os valores do material convencional e o agregado foram comparados na tabela 6 abaixo para fins de evidenciar questões econômicas e sua viabilidade.

Tabela 8: Custos do Agregado Reciclado em comparação ao Basalto

Material	Brita	Pó de pedra	Deslocamento	Total
Basalto	R\$ 47,00/ m ³	R\$ 39,00/ m ³	R\$ 18,00/ m ³	R\$ 123.760,00
ACC	R\$ 30,00/ m ³	R\$ 21,00/ m ³	R\$ 12,00/ m ³	R\$ 74.970,00
Diferença	R\$ 17,00/ m ³	R\$ 18,00/ m ³	R\$ 6,00/ m ³	R\$ 48.790,00
Economia	36,17%	46,15%	33,33%	39,42%

Fonte:A Autora (2024).

Para se obter os custos multiplicou-se o volume necessário de material por camada de 1190 m³ pelo valor respectivamente de agregado natural e agregado reciclado. Para o transporte o valor efetivamente pago é por metro cúbico transportado da usina até o local de serviço conforme a distância das usinas de fornecimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características do agregado reciclado são semelhantes ao que a literatura menciona e as dimensões in loco verificadas com resultados de resistência mecânica do agregado reciclado foram aceitáveis.

Para a substituição total ou parcial do agregado natural pelo agregado reciclado algumas considerações devem ser levadas em conta, como as características físicas e mecânicas para se estabelecer um padrão de qualidade. Quanto melhor selecionados os agregados reciclados em dimensões e aspectos específicos, aumenta-se a previsibilidade em relação ao seu desempenho.

O material reciclado trata-se de um material com perspectivas e potencial para uso em diversos outros fins, principalmente para uso na pavimentação asfáltica.

A pesquisa evidencia a necessidade de mais estudos para estabelecer técnicas de separação dos resíduos oriundos da construção civil e regularização uma forma de padronização no local de processamento.

Quanto melhor selecionados os agregados reciclados em dimensões e aspectos específicos, aumenta-se a previsibilidade em relação ao seu desempenho. Destaca-se sua viabilidade econômica sendo 39,42 % mais barato que o convencional e sua viabilidade técnica afirmada. Para aspectos ambientais reduz a exploração dos agregados naturais e os danos as jazidas minerais, assim como uma utilização correta dos agregados reciclados não sendo estes descartados no meio ambiente agredindo a natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto - método de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2009. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15.115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 9937: Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo- Rio de Janeiro, 1987.

ALMEIDA E SILVA, D. de; MELO, C. E. L. de. **Agregado reciclado, uma fonte sustentável de matéria prima**: uma revisão. Revista Princípiã – Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, Cabaceiras/ Pb, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**.2024.Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente- ABREMA. Disponível em:<<http://www.abrema.org.br/>>. Acesso em: 10 junho 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT. Norma 198: **Constituintes geológicos de agregados e solos – Terminologia**. Brasília/DF.2021

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo de comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária**. 163 p. Dissertação- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PUPIN, N. S.; MAIA; J. H. de O.; MILANI, A. P. da S. **Impactos da implantação da gestão de Resíduos da Construção Civil em Campo Grande – MS**. 7º ENARC (Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção), Porto Alegre, 2021.

OLIVEIRA, J. C. de; NEVES, J. P.;BATALIONE, G.; MOURA,K. C. C.; DE OLIVEIRA, M. E.; LEITE, S. S. B.; QUEIROZ, L. J. **Agregados reciclados de resíduos sólidos de construção e demolição - rcd aplicados em pavimentos urbanos**. Revista Foco. Curitiba/Pr. v.16. n.1. e671. p.01-14. 2023.

SOUZA, W.M.; RIBEIRO, A.; XAVIER, I. W. de P.; SANOS, M. **Resíduos de cerâmica vermelha como um material ambientalmente sustentável para uso na pavimentação**. In: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v. 7, n. 2, p. 202-213, 2019.