

# COMPARATIVO ENTRE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO - BGTC E MATERIAL FRESADO AGREGADO TRATADO COM CIMENTO - FATC NA ESTRUTURA DO PAVIMENTO DA RODOVIA BR-277

BRANDÃO, César Augusto <sup>1</sup>

VOLSKI, Isabela <sup>2</sup>

## RESUMO

*A reciclagem de materiais de construção ganhou destaque na engenharia nos últimos anos, sendo evidenciada em materiais utilizados como pavimentos asfálticos e, em muitos casos, sendo exigida em contratos para a execução de obras rodoviárias. Nesse contexto, este estudo apresenta um comparativo entre o Fresado Agregado Tratado com Cimento (FATC) e o material que já vem sendo utilizado na pavimentação a muitos anos, a Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC). Foram realizados ensaios de resistência a compressão simples e compactação dos materiais, visando verificar a eficiência dos mesmos dentro da estrutura do pavimento da rodovia BR-277. Para o FATC foi utilizada uma composição de 60% fresado e 36% materiais pétreos e 4% de cimento Portland sendo utilizados o cimento CP II e ARI V, e para o BGTC 96% de materiais pétreos e 4% de cimento Portland CP II. Os resultados remetem uma maior eficiência para a Brita Graduada Tratada com Cimento em comparação ao Fresado Agregado Tratado com Cimento, primeiramente em relação a compactação, pois o BGTC superou a métrica estabelecida em norma que são os 100%, já o FATC não conseguiu atingir este índice em 28 dias e nem mesmo com nenhum dos dois cimentos utilizados neste estudo, e para o ensaio de resistência a compressão simples, ambos os materiais atingiram o mínimo exigido em norma nos 07 dias iniciais de cura, porém, levando-se em consideração a maior resistência o BGTC atingiu uma resistência maior que o FATC. . Por ser uma técnica nova no Brasil, ainda há poucos estudos voltados para a utilização deste material, havendo uma lacuna para ampliar os estudos voltados para este assunto, afim de atingir melhores resultados.*

**Palavras-chave:** *Pavimentação. Reciclagem. Fresado Agregado Tratado com Cimento. Brita Graduada Tratada com Cimento.*

## ABSTRACT

*The recycling of construction materials has gained prominence in engineering in recent years, being evidenced in materials used as asphalt pavements and, in many cases, being required in contracts for the execution of road works. In this context, this study presents a comparison between Reclaime Asphalt Pavement using Cement (RAPC) and the material that has been used in paving for many years, Cement-Treated Crushed Stone (CTCS). Tests of resistance to simple compression and compaction of the materials were carried out, aiming to verify their efficiency within the pavement structure of the BR-277 highway. For RAPC, a composition of 60% milled and 36% stone materials and 4% Portland cement was used, using CP II and ARI*

---

<sup>1</sup> eng-cesarbrandao@camporeal.edu.br – Acadêmico de Engenharia Civil – Centro Universitário Campo Real

<sup>2</sup> prof\_isabelavolski@camporeal.edu.br – Doutoranda em Engenharia Civil pela UFPR – Professora do Centro Universitário Campo Real

*V cement, and for BGTC 96% stone materials and 4% CP II Portland cement. The results point to greater efficiency for Cement-Treated Crushed Stone compared to Reclaime Asphalt Pavement using Cement, primarily in relation to compaction, as the CTCS surpassed the metric established in the standard which is 100%, whereas the RAPC was unable to achieve this index in 28 days and not even with neither of the two cements used in this study, and for the simple compression strength test, both materials reached the minimum required by the standard in the initial 07 days of cure, however, taking into account the greater resistance the CTCS achieved greater resistance than the RAPC. As it is a new technique in Brazil, there are still few studies focused on the use of this material, with a gap to expand the studies focused on this subject, in order to achieve better results.*

**Keywords:** *Paving. Recycling. Reclaime Asphalt Pavement using Cement. Cement-Treated Crushed Stone.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, nota-se um aumento crescente de veículos nas rodovias, aumentando conseqüentemente o tráfego por elas. Caminhões com capacidades maiores trafegando pelas rodovias podem estar levando assim ao subdimensionamento das rodovias no Brasil. Neste sentido, as rodovias acabam se deteriorando com maior facilidade, juntamente com a falta de manutenção, ocasionando uma necessidade de restauração do pavimento o qual tem o objetivo de melhorar a qualidade e a vida útil da malha viária garantindo ao usuário uma segurança e também o conforto (PIRES et al., 2016).

O recapeamento, surgiu como uma alternativa para a reconstrução dos pavimentos, porém geralmente são onerosas. Assim sendo, como mencionam Moreira et al.(2006), a reciclagem de pavimentos com a adição de cimento surge como uma alternativa para as camadas já existentes, tornando os pavimentos flexíveis em pavimentos semirrígidos, tendo como preceito bases e ou sub-bases rígidas com maior resistência, de maneira a evitar a reflexão de trincas de retração da base cimentada para os revestimentos asfálticos.

Há pouco tempo, a necessidade de restauração e também de um dimensionamento adequado para as rodovias brasileiras, vem recebendo novos estudos para uma técnica nova, que consiste na utilização de um material nobre denominado RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), que em português seria Pavimento Asfáltico Recuperado. A partir dessa problemática de pesquisa, este artigo tem como objetivo apresentar um comparativo de pavimentos asfálticos utilizando o RAP com adição de Cimento Portland e BGTC – Brita Graduada Tratada com Cimento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PAVIMENTO**

De acordo com Bernucci et al., (2010), pavimento, trata-se de uma estrutura de múltiplas camadas, construída logo após a finalização da terraplenagem, que possui como objetivo, resistir aos esforços decorrentes do tráfego de veículos e condições climáticas, levando em consideração o conforto, economia e segurança para os usuários. O pavimento tradicionalmente está dividido em duas categorias: rígidos e flexíveis. Para indicar os tipos de revestimento, há uma nomenclatura que vem sendo utilizada nos últimos anos, denominada de pavimentos de cimento Portland e pavimentos asfálticos, respectivamente. Os pavimentos asfálticos, são pavimentos que possuem em sua composição, ligantes asfálticos e agregados, onde são formados por apenas quatro camadas, conforme nos demonstra D'avila (2015), sendo elas:

- I. o subleito, reconhecido também como solo-fundação, camada em que estará apoiada o pavimento;
- II. o reforço do subleito, que possui uma qualidade superior ao subleito, tem por sua finalidade, agir como uma camada em que dará uma capacidade melhorada para suporte do subleito, também tendo como ponto, a redução de espessuras para as camadas seguintes a ele;
- III. a sub-base, como o próprio nome já nos diz, é uma camada anterior a camada de base, dando apoio na estrutura do pavimento;
- IV. a base, é a penúltima camada, possui a função de ajudar na distribuição dos esforços causados pelo tráfego na camada de revestimento;
- V. o revestimento, é a cama mais nobre da estrutura do pavimento, tendo como objetivo principal, atender as condições citadas anteriormente, como o conforto e segurança para os usuários da via.

A camada estudada neste trabalho, será a camada de base. Andrade (2017) relata que a função principal desta camada é resistir às cargas atuantes devido ao tráfego e minimizar as deformações de consolidação e os esforços cisalhantes nas camadas subjacentes. Este tipo de camada é utilizada em pavimentos do tipo flexível, que ao serem bem compactadas e confinadas empregam uma alta resistência aos esforços verticais causados pelas cargas predominantes na via, e também uma capacidade drenante adequada.

Nas camadas de base e sub-base pode-se encontrar comumente os materiais: Bica Corrida; Macadame Hidráulico; Macadame Seco; Brita Graduada Simples (BGS); Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) (SILVA, 2012).

## 2.2 FRESAGEM

Bonfim (2007) define o processo de fresagem de pavimentos, como um corte ou desbaste de uma medida pré-determinada em projeto, sendo ela superficial, rasa ou ainda profunda, também tendo a possibilidade de ser quente ou a frio, tudo isto por um processo mecânico. Tendo como um dos seus objetivos a realização no processo de restauração de pavimentos.

Conforme citado, os processos de fresagem são mais especificamente:

- I. Fresagem superficial: Este é um procedimento apenas para correção de defeitos encontrados nas camadas de superfície/revestimento dos pavimentos.

- II. Fresagem rasa: Consiste no mesmo processo da fresagem superficial, como finalidade a regularização da camada superior do pavimento, muitas vezes chegando a atingir até a camada de ligação. Como característica deste tipo de fresagem, a profundidade média é de 5 cm, podendo variar para mais ou para menos.
- III. Fresagem profunda: os cortes realizados possuem um aspecto até mesmo estrutural, isto devido ao fato que, podem chegar até as camadas de base ou ainda as camadas de sub-base. Este tipo de serviço muitas vezes é utilizado em recomposição da estrutura, como em casos de remendo profundo (onde se faz a necessidade de reestruturação do pavimento) ou também em reciclagem.

Os materiais que estão sujeitos à fresagem são frequentemente encontrados em obras de restauração de pavimentos asfálticos, pois este material já perdeu as suas propriedades, fazendo assim, a necessidade de substituição dos mesmos (PIRES ET AL., 2016). Muitas vezes ficam estocados na faixa de domínio de rodovias, aguardando destinação para reaproveitamento na própria camada de revestimento, ou ainda, para serem utilizados em estradas rurais.

### 2.3 BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO – BGTC

As bases de BGTC pertencem a estrutura de um pavimento semirrígido, em que se encontra a camada de revestimento, juntamente com uma base composta de material estabilizado com aglomerante hidráulico. Tal estabilização, faz com que nesta estrutura a camada de base, neste caso a BGTC, possa resistir a níveis superiores de tensões a tração e de compressão, mesmo ela tendo em sua composição concreto Portland, isto não a faz ter características de rigidez tão fortes quanto ao concreto Portland (ANDRADE, 2017).

Balbo (2007) define a composição da Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) como a mistura entre um material pétreo de forma bem graduada, muito parecida com a Brita Graduada Simples (BGS), porém nesta composição, é adicionado uma pequena fração de 3% a 5% em peso de cimento Portland. Para este tipo de material a água possui uma importante função, pois além de ser necessária para facilitar a compactação da BGTC, também tem a função de hidratar o cimento que se encontra na fração granular fina. Desta maneira ela cria uma argamassa que incorpora os agregados graúdos, pois a estabilização do material não é o suficiente para que os agregados sejam envolvidos completamente como ocorre no concreto. As especificações para execução de camada composta por mistura de BGTC descrevem características mínimas tanto para os agregados quanto para o cimento Portland e água.

A classificação dos agregados segue os mesmos critérios das normas BGS, observando critérios físicos-químicos como forma dos agregados DNER-ME 086/1994, desgaste por meio do ensaio de abrasão Los Angeles DNER-ME 035/1998, equivalência de areia da fração fina DNER-ME 054/1997 e durabilidade em solução de sulfato de Sódio DNER-ME 089/1994.

A Tabela 1 apresenta comparativamente as faixas granulométricas das normas ABNT NB 11803-2013, a ET-DE-P00/009-2005 do DER-SP, a ES-P 16/05 – 2005 do DER-PR e a ES-002 da ECOCATARATAS – 2018 para execução de camada de BGTC.

Tabela 1 - Faixas granulométricas sugeridas para execução de BGTC

Peneira de malha quadrada		% em Massa, Passando						
ASTM	mm	ABNT		DER-SP	DER-PR			ECORODOVIAS
		A	B		FAIXA I	FAIXA II	FAIXA III	
2"	50	100	-	-	100	-	-	-
1 1/2"	37,5	90-100	-	100	90-100	100	-	-
1"	25	-	100	90-100	-	-	100	100
3/4"	19	50-85	90-100	75-95	50-85	60-95	88-100	88-100
3/8"	9,5	34-60	80-100	45-64	35-65	40-75	55-75	55-75
Nº 4	4,8	25-45	35-55	30-45	25-45	25-60	41-56	41-56
Nº 10	2	-	-	18-33	18-35	15-45	30-44	30-44
Nº 40	0,42	8-22	8-25	7-17	8-22	8-25	15-25	15-25
Nº 80	0,18	-	-	1-11	-	-	-	8-15
Nº 200	0,075	2-9	2-9	0-8	3-9	2-10	2-7	2-7

Fonte: Adaptado Autor (2021)

## 2.4 FRESADO AGREGADO TRATADO COM CIMENTO – FATC

O processo de reciclagem de pavimentos é muito utilizado no Brasil, como forma de restauração em rodovias. Muitos destes materiais possuem uma característica de deterioração, sendo descartados, como mencionado no item 2.2 deste artigo. Desse modo, o RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) é reaproveitado em camadas do próprio revestimento. Porém, nos últimos anos, este material também vem sendo estudado para a utilização em camadas de sub-base e base (ANDRADE, 2017).

Como demonstra Queiroz (2011), pode-se incorporar em sua mistura, um aglomerante sendo ele cimento ou emulsão, água, que é comumente utilizada para a hidratação do cimento e também na compactação do material, algum tipo de aditivo caso haja necessidade, e também agregados para fazer a correção da granulometria.

Segundo especificação técnica ET-ECS.000.000-PAV/16 (ECORODOVIA, 2020) a base e sub-base de material Fresado Agregado com Cimento – FATC é a resultante de uma

cura de material homogêneo compactado de material fresado proveniente de camada de CBUQ, agregados com materiais virgens britados, juntamente com água e cimento, tais materiais em medidas através de dosagens em laboratório. A Tabela 2 demonstra faixas granulométricas sugeridas para a execução desse material.

Tabela 2 - Faixas granulométricas sugeridas para execução de FATC

Peneiras		% em Massa, Passando			
ASTM	mm	ECORODOVIAS			
		A	B	C	D
2"	50,8	100	100	-	-
1"	25,4	-	75-90	100	100
3/8"	9,5	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº 4	4,8	25-55	50-60	35-65	50-85
Nº 10	2	15-40	20-45	25-50	40-70
Nº 40	0,42	8-20	15-30	13-30	25-45
Nº 200	0,074	2-8	5-15	5-15	5-20

Fonte: ET-ECS.000.000-PAV/16 (ECORODOVIAS, 2020)

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho foi a descritiva, que tem como a quantitativa, a qual tem como objetivo uma investigação das informações através de dados estatísticos. Neste tópico serão apresentados os materiais e métodos que foram utilizados para a realização da presente pesquisa, descrevendo quais os ensaios que foram realizados para a obtenção dos resultados.

O presente estudo teve como análise, um comparativo entre os materiais FATC e BGTC para utilização em camadas de base e sub-base na estrutura do pavimento da BR-277. Esta é uma rodovia de grande acesso de veículos, interligando boa partes das regiões do estado do Paraná, esta obra tem um grande destaque na execução de serviços de restauração de pavimentos, também sendo cenário ideal para a análise dos dados do objeto deste estudo, por se tratar de uma maneira inovadora. Ao longo deste trabalho, foi possível identificar qual material teve melhor desempenho quanto à resistência a compressão simples e compactação. Os ensaios foram realizados junto ao laboratório de solos, da empresa Pavimentações e Terraplenagens Schmitt – Grupo Itax, localizado na cidade de Guarapuava – PR.

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS

A obtenção da composição granulométrica do FATC foi realizada da seguinte maneira: 60% material fresado, oriundo da BR-277, 14% de Brita 7/8", 14% de Brita 5/8", 8% de Pó de

Pedra e 4% de Cimento Portland tanto para o CP II quanto para CP V, tendo como base as especificações FAIXA A do DER e ET-ECS.000.000-PAV/16 da Ecorodovias, conforme a Tabela 3.

Para a composição granulométrica da Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC foram utilizados os seguintes materiais : 34% de Brita 7/8”, 16% de Brita 5/8”, 18% de Pedrisco 28% de Pó de Pedra e 4% de Cimento Portland CP II, também tendo como base as especificações FAIXA A do DER e ET-ECS.000.000-PAV/02 da Ecorodovias, conforme a Tabela 4.

Tabela 3 – Composição Granulométrica do FATC

Peneiras		Fresado		Brita 7/8"		Brita 5/8"		Pó de Pedra		Cimento		Média	Faixa de trabalho		Especificação	
Números	mm	MÉDIA	60,0%	MÉDIA	14,0%	MÉDIA	14,0%	MÉDIA	8,0%	MÉDIA	4,0%	100,0%	CVEL 23 - 2020		DER FAIXA A - ET-ECS.000.000-PAV/16	
2"	25,400	100,00	60,00	100,00	14,00	100,00	14,00	100,00	8,00	100,00	4,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,500	73,92	44,35	0,61	0,09	17,46	2,44	100,00	8,00	100,00	4,00	58,88	51,88	65,00	30,00	65,00
4	4,750	42,99	25,80	0,59	0,08	0,39	0,05	97,39	7,79	100,00	4,00	37,72	30,72	44,72	25,00	55,00
10	2,000	22,20	13,32	0,58	0,08	0,24	0,03	66,06	5,28	100,00	4,00	22,72	17,72	27,72	15,00	40,00
40	0,420	5,09	3,06	0,58	0,08	0,17	0,02	26,71	2,14	100,00	4,00	9,30	8,00	14,30	8,00	20,00
200	0,074	1,42	0,85	0,55	0,08	0,00	0,00	15,23	1,22	98,25	3,93	6,07	4,07	8,00	2,00	8,00

Fonte: Adaptado Autor (2021)

Tabela 4 – Composição Granulométrica do BGTC

Peneiras		Brita 7/8"		Brita 5/8"		Pedrisco		Pó de Pedra		Cimento CP II		Média Total	Faixa de trabalho		Especificação	
ASTM	mm	MÉDIA	34,0%	MÉDIA	16,0%	MÉDIA	18,0%	MÉDIA	28,0%	MÉDIA	4,0%	100,0%	CVEL - 002/2021		DER/PR ES-P 16/18 - Faixa II	
2"	50,80	100,00	34,00	100,00	16,00	100,00	18,00	100,00	28,00	100,00	4,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,05	32,71	11,12	100,00	16,00	100,00	18,00	100,00	28,00	100,00	4,00	77,12	69,12	85,12	60,00	95,00
3/8"	9,52	0,68	0,23	11,90	1,90	93,33	16,80	100,00	28,00	100,00	4,00	50,93	42,93	58,93	40,00	75,00
#4	4,80	0,68	0,23	1,33	0,21	11,39	2,05	95,83	26,83	100,00	4,00	33,33	25,33	41,33	25,00	60,00
#10	2,00	0,68	0,23	1,24	0,20	1,88	0,34	59,40	16,63	100,00	4,00	21,40	18,40	24,40	15,00	45,00
#40	0,420	0,67	0,23	1,20	0,19	1,46	0,26	26,29	7,36	100,00	4,00	12,05	9,05	15,05	8,00	25,00
#200	0,074	0,67	0,23	1,15	0,18	1,35	0,24	14,27	4,00	83,27	3,33	7,98	4,98	10,00	2,00	10,00

Fonte: Adaptado Autor (2021)

## 3.2 ENSAIOS REALIZADOS

### 3.4.1 Ensaio de compactação

Neste projeto o ensaio de compactação foi utilizado seguindo as diretrizes do Método de Ensaio (ME) 162/94 normatizado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DER) (DER, 1994) para ambos os materiais BGTC e FATC. Realizado pela energia do Proctor modificado que consiste na aplicação de 55 golpes de soquete por camada, tais ensaios foram realizados em laboratório, em corpos-de-prova cilíndricos de 100 x 200 mm. A Figura 1 apresenta esta etapa do processo para ambos os materiais.



Figura 1 – Ensaio Proctor BGTC e FATC



Moldagem BGTC



Moldagem FATC

Fonte: Autoria Própria (2021)

### 3.4.2 Resistência a compressão simples (RCS)

Os corpos-de-prova de 100 x 200 mm dos materiais, foram realizados a cura úmida do material até os período necessários para a compressão, os quais, foram realizados com 7 e 28 dias, após o tempo desejado os mesmos foram rompidos seguindo a norma DNER-ME 091/98 (DER, 1988) na Figuras 2 é possível verificar esta etapa do processo para ambos os materiais.

Figura 6 – Ensaio Resistência a Compressão Simples BGTC e FATC



Teste FATC



Teste BGTC

Fonte: Autoria Própria (2021)

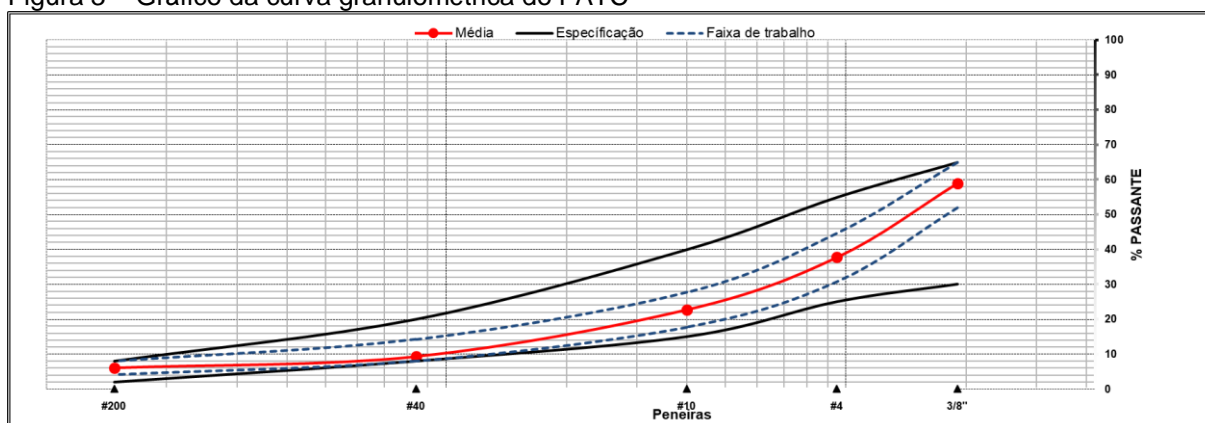
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados os resultados conforme proposto na metodologia.

### 4.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICAS FATC E BGTC

A Figura 3, apresenta a faixa granulométrica após a realização dos ensaios, podendo identificar que o material ficou dentro das especificações e faixa de trabalho.

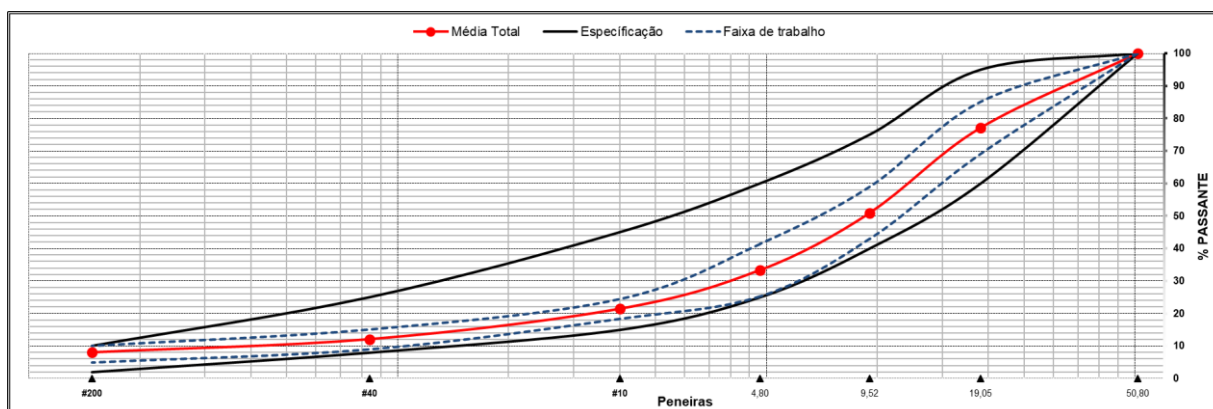
Figura 3 – Gráfico da curva granulométrica do FATC



Fonte: Adaptado Autor (2021)

Abaixo na Figura 4, é apresentado a curva granulométrica dos materiais utilizados na composição do BGTC, identificando também, que o material em questão se encontra dentro dos parâmetros das especificações e da faixa de trabalho.

Figura 4 – Gráfico da curva granulométrica do BGTC

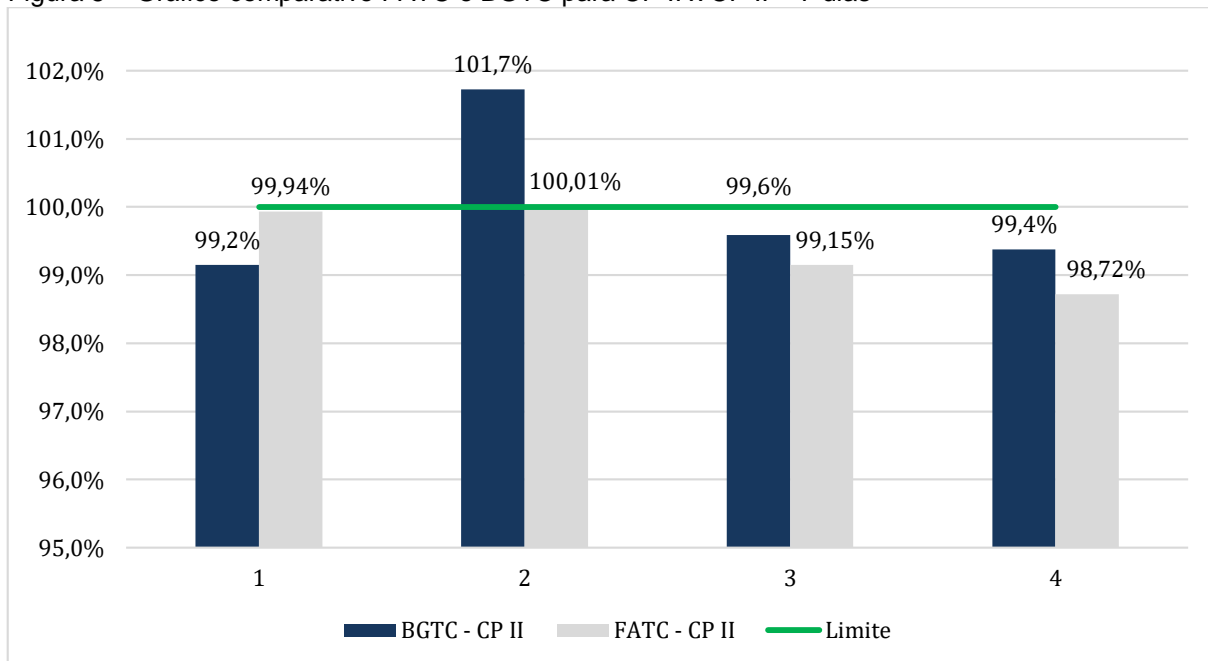


Fonte: Adaptado Autor (2021)

## 4.2 ENSAIO COMPACTAÇÃO

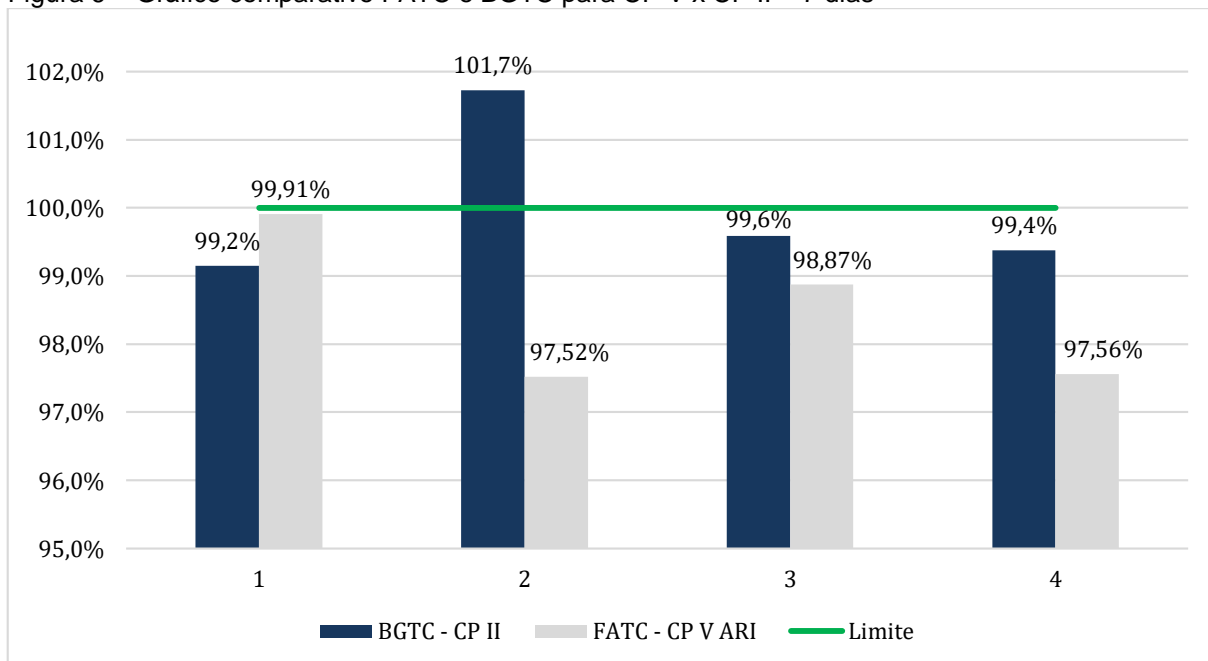
Os resultados referentes ao ensaio de compactação são demonstrados através das Figuras 5, 6, 7 e 8, sendo que as Figuras 5 e 6, são um comparativo entre a utilização do BGTC (tipo CP II) e do FATC (tipo CP II e tipo CP V), para os 7 dias iniciais de cura do material.

Figura 5 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP II x CP II – 7 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

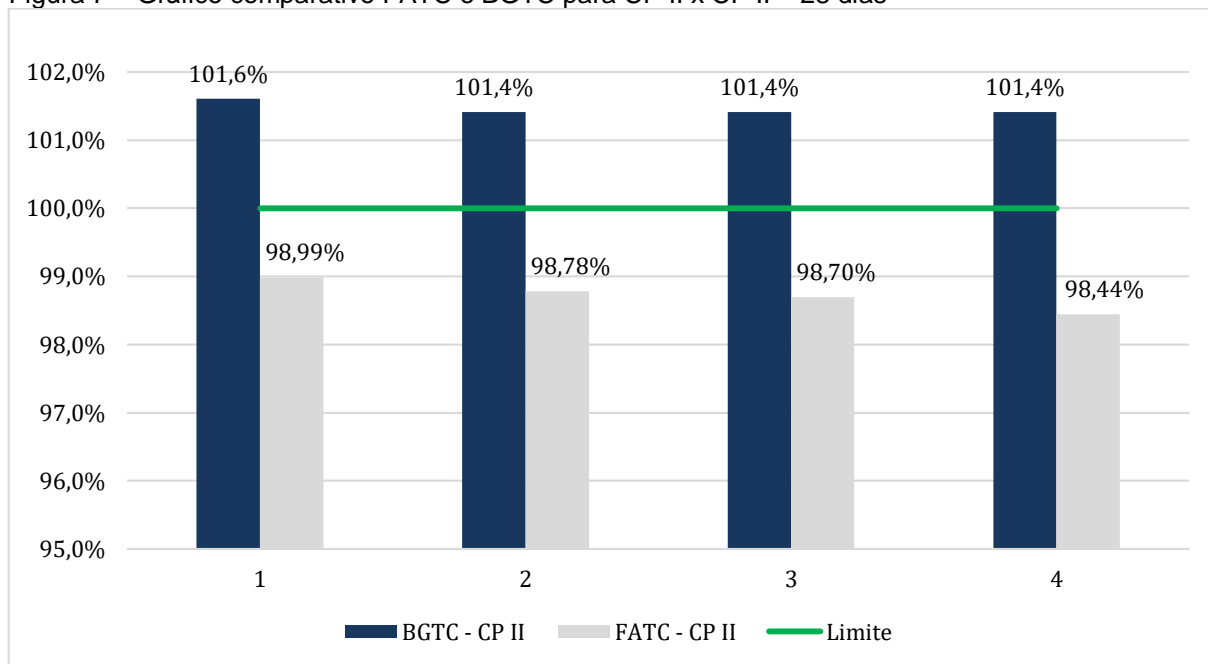
Figura 6 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP V x CP II – 7 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

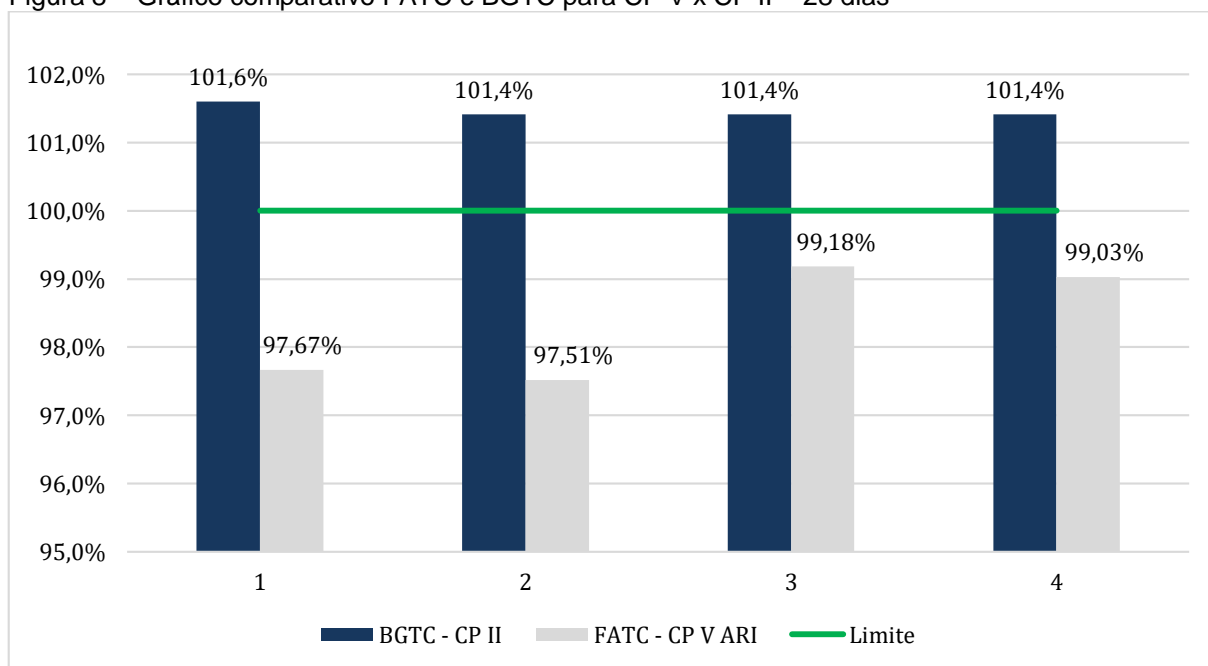
Onde podemos notar que a utilização do FATC (tipo CP II), trouxe resultados mais satisfatórios, tendo 2 amostras próximas ao 100%, sendo esta, a exigência mínima para a compactação de ambos os materiais conforme as especificações ET-ECS.000.000-PAV/02 (ECORODOVIA, 2018) e ET-ECS.000.000-PAV/16 (ECORODOVIA, 2020).

Figura 7 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP II x CP II – 28 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 8 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP V x CP II – 28 dias

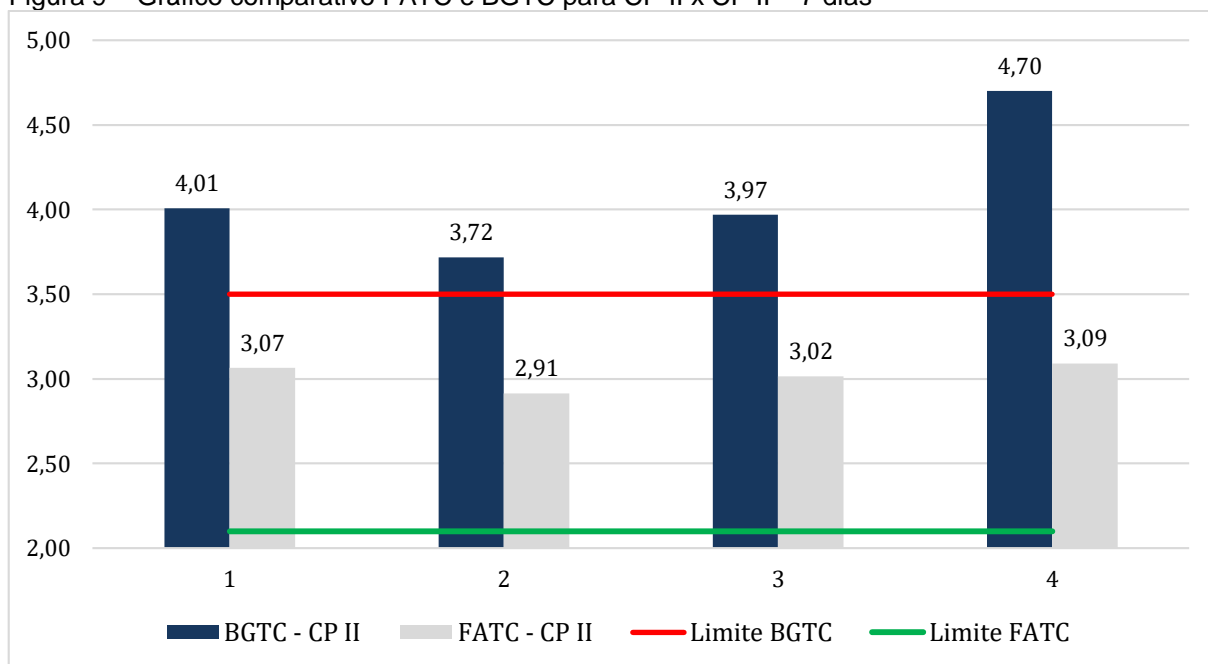


Fonte: Autoria Própria (2021)

Para uma cura de 28 dias, podemos ver uma inversão nos valores dos resultados obtidos para o BGTC, onde todas as amostras que foram estudadas tiveram compactação acima de 100%, já para as amostras de FATC (tipo CP II) nenhuma chegou aos 100% de compactação, não sendo diferente para as amostras tipo CP V.

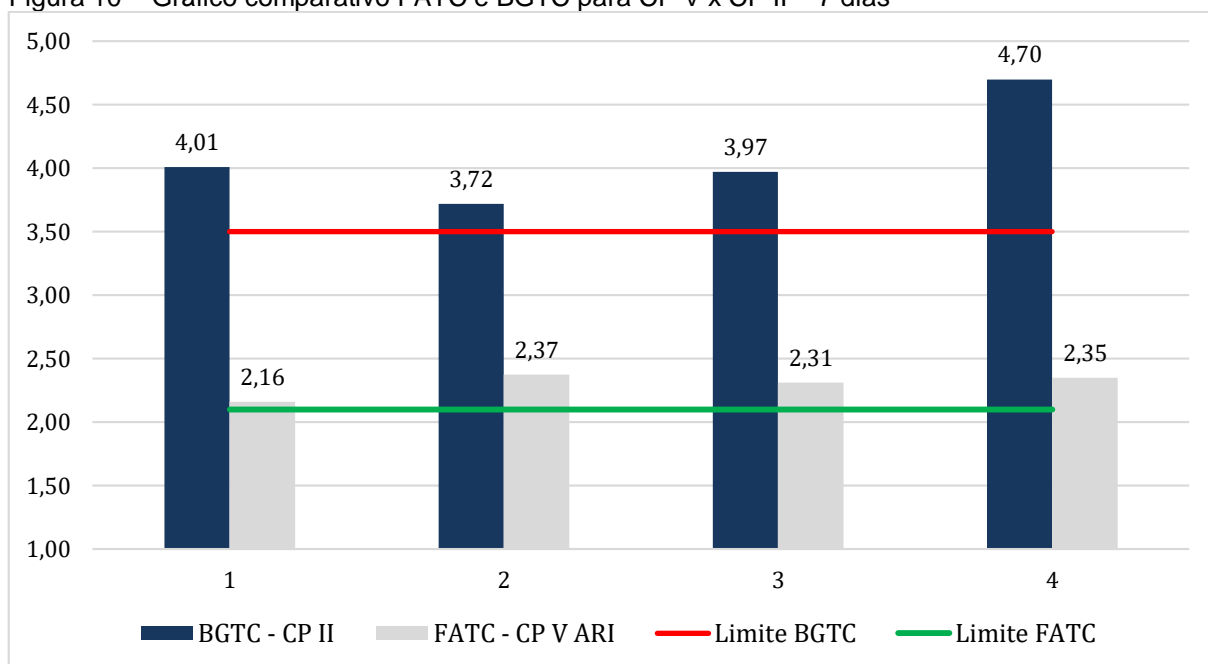
### 4.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Figura 9 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP II x CP II – 7 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

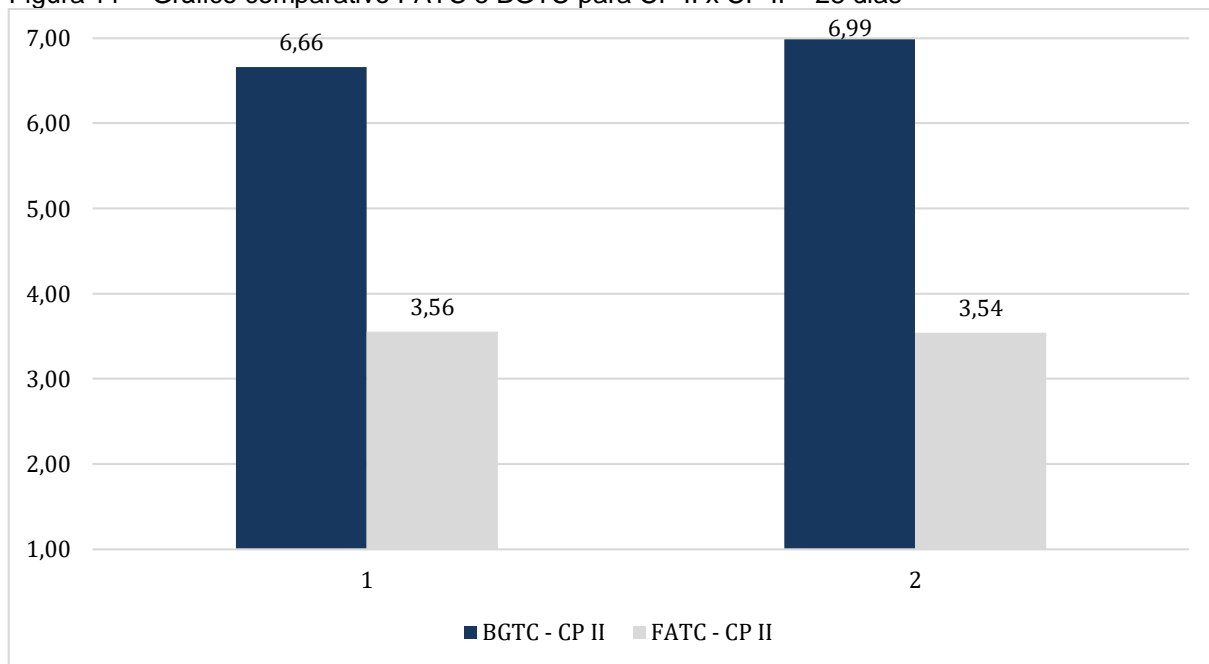
Figura 10 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP V x CP II – 7 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

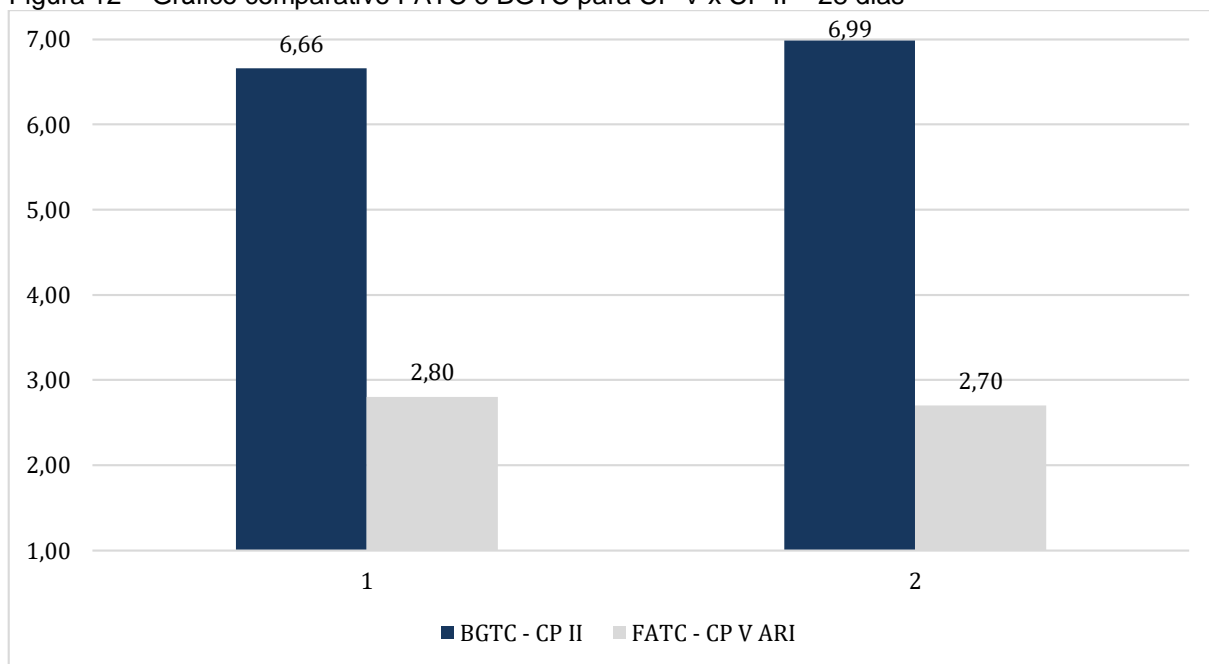
A resistência a compressão (ET-ECS.000.000-PAV/16) (ECORODOVIA, 2020), especificação técnica baseada para o FATC, deve conter no mínimo uma resistência de 2,1 MPa aos 07 dias, e para o BGTC (ET-ECS.000.000-PAV/02) (ECORODOVIA, 2018) é necessário uma média de 3,5 a 08 MPa. Com os resultados obtidos podemos observar nas Figuras 9 e 10 um comparativo entre o FATC (tipo CP II e tipo CP V) e o BGTC (tipo CP II), ambos os materiais se enquadraram no que é solicitado em norma.

Figura 11 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP II x CP II – 28 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 12 – Gráfico comparativo FATC e BGTC para CP V x CP II – 28 dias



Fonte: Autoria Própria (2021)

Quando realizado a análise destes mesmos materiais com um tempo de cura de 28 dias, podemos observar que o BGTC, teve um aumento significativo na resistência do material em relação à resistência obtida aos 7 dias (66,46%), enquanto para o FATC foi de 54,51%.

#### 4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme os resultados obtidos neste trabalho, pode-se averiguar que em relação a compactação, para um período de cura inicial de 07 dias, ambos os materiais não tiveram um resultado satisfatório ficando abaixo da percentual mínimo que é de 100. Levando-se em consideração o tempo de cura de 28 dias o BGTC se enquadrou dentro das normas, alcançando o índice mínimo de 100% na compactação. Já o FATC teve seus resultados negativos, não chegando no desejado, tendo uma máxima de 99,18%.

Para a resistência à compressão simples, ambos os materiais tiveram seus resultados positivos, apesar da diferença entre os resultados, uma média de 4,1 MPa para o BGTC aos 07 dias, e 3,02 MPa para o FATC. Sendo assim, ambos os materiais cumpriram o que é solicitado em norma, chegando nas resistências mínimas aos 07 dias de cura. Entretanto, vale ressaltar que o BGTC consegue alcançar uma resistência a compressão simples superior ao FATC aos 28 dias.

### 5 CONCLUSÕES

Através dos resultados apresentados, evidenciou-se a validade da utilização do BGTC em camadas de sub-base e base de pavimentos flexíveis, sendo o FATC uma alternativa que busca solucionar problemas também ambientais, pois utiliza o material fresado em sua composição. Porém, para que atinja as exigências de compactação, como demonstrado neste estudo, se faz necessário a alteração na sua composição.

Pode-se ainda descartar a utilização do cimento Portland ARI V na composição do FATC, pois em todos os resultados, os valores deram abaixo comparado ao utilizarmos o CP-II.

Dentre as limitações dessa pesquisa está o uso de apenas duas faixas granulométricas, podendo-se obter novos resultados com uso de outras faixas. Por ser uma técnica nova no Brasil, ainda há poucos estudos voltados para a utilização deste material, havendo uma lacuna para ampliar os estudos voltados para este assunto, afim de atingir melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. R., **Comparação do comportamento de pavimentos asfálticos com camadas de base granular, tratada com cimento e com estabilizantes asfálticos para tráfego muito pesado**, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BERNUCCI, L. B. *et al.*, **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica Para Engenheiros**, 3ª reimpressão, p1–24, Rio de Janeiro, 2010.

BONFIM, V., **Fresagem de pavimentos asfálticos**, 3ª Edição, São Paulo, 2007.

D'AVILA, V. E. **Reciclagem de pavimentos com adição de cimento : comportamento à flexão de misturas ontendo BGTC e Fresado Asfáltico**, Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, **DNER-ME 091/98**: Concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 1998

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, **DNER-ME 162/94**: Solos - ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas, Rio de Janeiro, 1998

ECORODOVIAS, **ET-ECS.000.000-PAV/16**. Pavimentação - Especificação Técnica para Base e Sub-Base de Material Fresado com Agregado e Cimento (FATC), 2020.

ECORODOVIAS, **ET-ECS.000.000-PAV/02**. Pavimentação - Especificação Técnica para Sub-Base e Base de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), 2018.

QUEIROZ F. A. **Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental de Geotécnica - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

MOREIRA, J. P., CORREIA, A., & PEREIRA, P. **Contribuição para a reutilização de material fresado em camadas estruturais de pavimentos**, Tese (Mestrado) - Universidade do Minho, Guimarães - PT, 2005.

PIRES, G. M., SPECHT, L. P., PINHEIRO, R. J. B., PEREIRA, D. da S., & Renz, E. M. **Comportamento mecânico de material fresado após processo de estabilização granulométrica e química por meio da incorporação de cimento e cinza de casca de arroz moída**. Artigo Publicado na Revista Materia, v.21 nº02, pp.365–384, 2016

SILVA, C. F. S. C. **Reutilização do resíduo oriundo dos serviços de restauração asfáltica como material alternativo em camadas de pavimentos flexíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.



**Ata Nº 005 da Reunião da Comissão Examinadora de Defesa do Trabalho de Conclusão De Curso (TCC) em Eng Civil N**

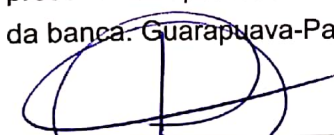
Aos 5 dias do mês de Julho do ano de 2021, nas dependências do(a) Centro Universitário Campo Real, em Guarapuava, Paraná, no Bloco CT - Sala 102, às 19:40 horas, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelo(a) Professor(a) Orientador(a) Isabela Volski, na qualidade de Presidente da Comissão Examinadora e os Professores ANDREZA FRARE e BRUNO ANDRADE MARON, integrantes da banca examinadora, para análise do TCC intitulado "COMPARATIVO ENTRE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO - BGTC E MATERIAL FRESADO AGREGADO TRATADO COM CIMENTO - FATC NA ESTRUTURA DO PAVIMENTO DA RODOVIA BR-277", elaborado na forma escrita e apresentado na forma ORAL pelo(a) acadêmico(a) César Augusto Brandão, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Eng Civil N desta instituição. Aberta a reunião, o(a) senhor(a) Presidente concedeu a palavra ao(a) acadêmico(a) para que no prazo de até 20 minutos expusesse seu trabalho. Aos professores componentes da comissão Examinadora foi concedido tempo de até 10 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:

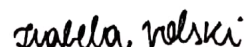
Aprovado com nota:

9,5

Reprovado:

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-Paraná, 5 de Julho de 2021.

  
César Augusto Brandão  
Acadêmico(a)



Isabela Volski  
Professor Orientador

  
ANDREZA FRARE  
Professor Membro

  
BRUNO ANDRADE MARON  
Professor Membro