



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DA PARAÍBA
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
COORDENAÇÃO DO CURSO ESPECIALIZAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

OSIRES DE MEDEIROS MELO NETO

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PARA ESTUDO DE MISTURAS
ASFÁLTICAS RECICLADAS NO CURSO TÉCNICO EM ESTRADAS

ARARUNA– PB

2022

OSIRES DE MEDEIROS MELO NETO

**PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PARA ESTUDO DE MISTURAS
ASFÁLTICAS RECICLADAS NO CURSO TÉCNICO EM ESTRADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Araruna, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de Especialista.

ORIENTADOR (A): DRA. ANA MARIA GONÇALVES DUARTE MENDONÇA

ARARUNA – PB

2022

Dados Internacionais de Catalogação – na – Publicação – (CIP)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB

M528p Melo Neto, Osires de Medeiros.

Proposta de Intervenção Pedagógica para o Estudo de Misturas Asfálticas Recicladas no Curso Técnico em Estradas. / Osires de Medeiros Melo Neto. – Araruna, 2022.

30 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

1. Asfalto. 2. Intervenção pedagógica. 3. Ensino profissional. I. Título.

CDU 37.013-032.37

OSIRES DE MEDEIROS MELO NETO

**PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PARA ESTUDO DE MISTURAS
ASFÁLTICAS RECICLADAS NO CURSO TÉCNICO EM ESTRADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Araruna, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de Especialista.

Aprovada em 02/04/2022

Banca Examinadora

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

Profa. Dra. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça (IFPB)

Edmilson Dantas da Silva Filho

Prof. Dr. Edmilson Dantas da Silva Filho (IFPB)

Gustavo Correia Basto da Silva

Prof. Me. Gustavo Correia Basto da Silva (UEPB)

A Deus, A meus pais e familiares, por todo apoio e carinho!

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Palavras não são suficientes para expressar meu sentimento de gratidão às pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho. O meu muito obrigado se estende a todas essas, citadas aqui ou não.

Deus, obrigado por ser meu combustível diário para seguir em frente e vencer todos os obstáculos que surgem no caminho.

Aos meus pais, Francinete e Charley, que sempre fizeram o possível e impossível para investir na minha educação, renunciando, muitas vezes, de sonhos para que eu chegasse até aqui. Minha gratidão e amor por vocês são imensuráveis. Obrigado por terem lutado e sonhado comigo.

Thâmara, obrigado por ser uma pessoa incrível que apoia minhas decisões e me dá forças quando me sinto cansado, sendo incentivo no meu crescimento pessoal. Obrigado por ser irmã e amiga. Te amo.

Gustavo, todo seu apoio durante a minha trajetória acadêmica me fez ser quem sou hoje. Obrigado pelo ser humano incrível, amigo e companheiro que não mede esforços para ajudar no meu crescimento pessoal e profissional.

Profa. Ana Maria, obrigado por me incentivar e orientar na realização desse trabalho. Minha amiga, obrigado por todos os conhecimentos, conselhos, amizade, oportunidades de crescimento acadêmico e todo apoio nessa caminhada. Não há palavras que eu possa usar para agradecer todo seu apoio.

Aos membros da banca examinadora Prof. Gustavo Correria e Prof. Edmilson Dantas pelas enriquecedoras contribuições.

*"Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta."
Carl Sagan*

RESUMO

A utilização do *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) na produção de misturas asfálticas tem sido incentivada devido à escassez de materiais virgens. Entretanto, o emprego de percentuais elevados de RAP (>30%) é condicionado à sua suscetibilidade a falhas sob baixas temperaturas e carga de fadiga. Neste sentido, a adição de agentes rejuvenescedores pode restaurar, parcial ou integralmente, as propriedades envelhecidas do ligante asfáltico recuperado. Este estudo teve como objetivo apresentar uma proposta de intervenção pedagógica com misturas asfálticas recicladas modificadas com aditivo residual de óleos vegetais para alunos do curso Técnico em Estradas. O agente rejuvenescedor proposto foi a borra do óleo vegetal, oriunda do processo de refinamento de óleos vegetais. O ligante asfáltico modificado por esse material deverá ser submetido a ensaios físicos e reológicos e, a partir dessa caracterização, compor as misturas asfálticas recicladas. Ensaio mecânicos de resistência à tração, à deformação permanente, à suscetibilidade à umidade, e à rigidez serão realizados como parâmetros de viabilidade técnica para as misturas. A realização desse estudo em cursos Técnicos em Estradas abrirá portas para a vivência científica e para análises de materiais empregados na pavimentação, possibilitando um leque de oportunidades na atuação do futuro Técnico em Estradas, empregando materiais alternativos sustentáveis.

Palavras-chave: Proposta de intervenção pedagógica. Misturas asfálticas recicladas. RAP. Materiais alternativos. Técnico em estradas.

ABSTRACT

The use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) in the production of asphalt mixtures has been encouraged due to the scarcity of virgin materials. However, the use of high percentages of RAP (>30%) is conditioned to its susceptibility to failure under low temperatures and fatigue load. In this sense, the addition of rejuvenating agents can partially or fully restore the aged properties of the recovered asphalt binder. This study aimed to present a proposal for a pedagogical intervention with recycled asphalt mixtures modified with residual vegetable oil additive for students of the Road Technical course. The proposed rejuvenating agent was vegetable oil sludge, derived from the vegetable oil refining process. The asphalt binder modified by this material must be submitted to physical and rheological tests and, based on this characterization, compose the recycled asphalt mixtures. Mechanical tests of tensile strength, permanent deformation, susceptibility to moisture, and stiffness will be performed as parameters of technical feasibility for the mixtures. Conducting this study in Road Technician courses will open doors for scientific experience and for analysis of materials used in paving, allowing a range of opportunities for the performance of the future Road Technician, using sustainable alternative materials.

Keywords: Proposal for pedagogical intervention. Recycled asphalt mixtures. RAP. Alternative materials. Road technician.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma para realização do estudo experimental.....	15
Figura 2 - Exemplo do gráfico para definição do teor de RAP a ser adicionado na mistura asfáltica reciclada.....	17

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AB	Asphalt Binder
AOCS	American Oil Chemists' Society
ASTM	American Society for Testing and Materia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EPI	Equipamento de Proteção Individual
MD	Módulo Dinâmico
MR	Módulo de Resiliência
MSCR	Multiple Stress Creep and Recovery
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
PG	Performance Grade
RAP	Reclaimed Asphalt Pavement
RT	Resistência à Tração
SUPERPAVE	Superior Performance Asphalt Pavements
TMN	Tamanho Máximo Nominal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 Desenvolvimento do estudo com misturas asfálticas recicladas	15
2.2 Metodologia de aplicação do estudo no curso Técnico em Estradas	19
3 RESULTADOS ESPERADOS	20
4 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

As atividades de construção e manutenção de pavimentos asfálticos consomem recursos ambientais e econômicos e por isso precisam de uma atenção considerável. Minimizar a exploração de recursos naturais e a emissão de poluentes nos processos de fabricação (PÉREZ-MARTINÉZ et al., 2014; MOVILHA-QUESADA et al., 2021), prolongar a vida útil do pavimento (LASTRA-GONZÁLEZ et al., 2020; GARCIA et al., 2020) e o gerenciamento dos resíduos gerados nas etapas de reconstrução de pavimentos asfálticos têm sido cenários de interesse no que diz respeito ao desenvolvimento da infraestrutura rodoviária sustentável (MORSALI; ISILDAR, 2020).

O ligante asfáltico é um dos materiais mais importantes e versáteis do mundo, além de ser também um dos mais antigos. Todavia, fatores como mau dimensionamento da estrutura do pavimento, execução inadequada, dosagem equivocada dos materiais, mau uso das vias ou até mesmo o envelhecimento natural das camadas de revestimento, acarretam atividades de manutenção, reparo e reconstrução da camada de revestimento, gerando quantidade significativa de resíduos asfálticos (FONSECA et al., 2014). Esses resíduos asfálticos, segundo Dib (2013), são provenientes do processo de fresagem da camada de revestimento asfáltico, processo de corte das camadas de revestimento asfáltico por uma fresadora, empregando movimento rotativo contínuo por meio de equipamento adotado de cortador giratório.

A fresagem de pavimentos asfálticos propicia um material de valor econômico e com propriedades físicas e mecânicas que podem ser introduzidas na composição de novas misturas asfálticas (CUNHA et al., 2018). Este material é denominado de RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), e seu uso como agregado na produção de novas misturas asfálticas teve início em meados da década de 1970, por conta do crescimento significativo nos valores do ligante asfáltico gerado com o embargo do petróleo árabe (KARLSSON; ISACSSON, 2006). O RAP como constituinte em misturas asfálticas oferece duas vantagens principais que são a redução do custo de construção do pavimento asfáltico e os benefícios ambientais por diminuir a demanda por recursos não renováveis, como o ligante asfáltico e agregados, sendo uma das alternativas mais adequadas para alcançar a sustentabilidade (CHIU et al., 2008; HUANG et al., 2011; ANTHONISSEN et al., 2017; DING et al., 2019; CHEN et al., 2020).

O ligante asfáltico presente no RAP pode ser oxidado e apresentar aumento de rigidez e maior fragilidade em razão da alta temperatura durante a produção e exposição a longo prazo

ao ar e à luz solar durante a vida útil (STIMILLI et al., 2017). A fim de restaurar as propriedades reológicas do ligante asfáltico envelhecido e manter as propriedades de serviço da reciclagem de mistura asfáltica a quente, é necessário um processo para rejuvenescer o ligante envelhecido presente no RAP (REYES-ORTIZ et al., 2012). O desempenho mecânico das misturas asfálticas recicladas com agentes rejuvenescedores depende principalmente do tipo e da dosagem do rejuvenescedor. A literatura tem apresentado que a dosagem do rejuvenescedor (teores empregados na modificação do ligante) afeta significativamente o desempenho (nível de redução da rigidez) da mistura asfáltica (CASEY et al., 2008; ZAUMANIS et al., 2014; DOKANDARI et al., 2017).

Os rejuvenescedores têm diferentes origens e composições químicas, como óleos aromáticos, parafínicos, vegetais ou derivados de óleo, como, por exemplo, o biodiesel (SHEN et al., 2007; SILVA et al., 2012; EPPS MARTIN et al., 2019; KASEER et al., 2019). Os bio-rejuvenescedores e rejuvenescedores derivados da reciclagem de resíduos estão progressivamente ganhando atenção graças aos seus desempenhos e sustentabilidade, uma vez que reciclam produtos que não contêm componentes aromáticos cancerígenos, tornando o uso mais seguro e possivelmente mais econômico (ZARGAR et al., 2012; HAJJ et al., 2013; WEN et al., 2013; JI et al., 2017; ZHANG et al., 2018; JALKH et al., 2018; TAHERKHANI; NOORIAN, 2018; ZHANG et al., 2018; EL-SHORBAGY et al., 2019; SOTOODEH-NIA et al., 2019).

Seidel e Haddock (2014) investigaram as propriedades reológicas de ligantes asfálticos modificados com ácidos graxos da borra do óleo de soja (em teores de 1 e 3%), fonte de ácidos graxos da soja de custo relativamente baixo e altamente concentrada. Os testes de penetração, ponto de amolecimento e viscosidade rotacional apontaram que à medida que incorpora maiores teores de ácidos graxos, os ligantes se tornam menos rígidos e suas viscosidades em altas temperaturas são reduzidas. Contudo, a literatura apresenta uma lacuna na investigação desses ácidos graxos como agentes rejuvenescedores de misturas asfálticas recicladas, sendo de grande importância investigar os efeitos desse aditivo na resistência à fadiga e na suscetibilidade à umidade.

A borra de óleos vegetais é o principal subproduto da indústria de refino de óleo vegetais e é produzida durante a etapa de neutralização do refino químico do óleo bruto, onde os ácidos graxos livres presentes no óleo são neutralizados por meio da adição de solução de álcalis, resultando em sabões. Esta borra, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos saponificados,

pequeno valor econômico e grande disponibilidade nas indústrias de óleo vegetais e de biodiesel, é uma opção de matéria-prima sustentável para a diminuição da viscosidade de ligantes asfálticos (SEIDEL; HADDOCK, 2014). O ácido graxo da borra de óleo vegetal é um material produzido após o processo de acidulação da borra com a utilização de ácido sulfúrico, apresentando um concentrado de ácido graxos totais.

Lacunias foram observadas em relação a estudos com novos agentes rejuvenescedores oriundos de subprodutos do processamento de óleos vegetais, como análise físico-reológica de ligantes asfálticos modificados e avaliação mecânica de misturas asfálticas recicladas produzidas com esses ligantes modificados por esses subprodutos.

Portanto, esse estudo teve como objetivo apresentar um projeto de intervenção pedagógica para estudos com misturas asfálticas recicladas no curso Técnico em Estradas por meio de ensaios laboratoriais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Desenvolvimento do estudo com misturas asfálticas recicladas

Este tópico descreve os materiais a serem utilizados no estudo para compor as misturas asfálticas, bem como o processo de produção. São apresentados também os procedimentos a serem realizados para avaliar o desempenho físico-reológico do ligante asfáltico modificado, e os ensaios mecânicos nas misturas asfálticas recicladas. A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas para a realização da pesquisa.

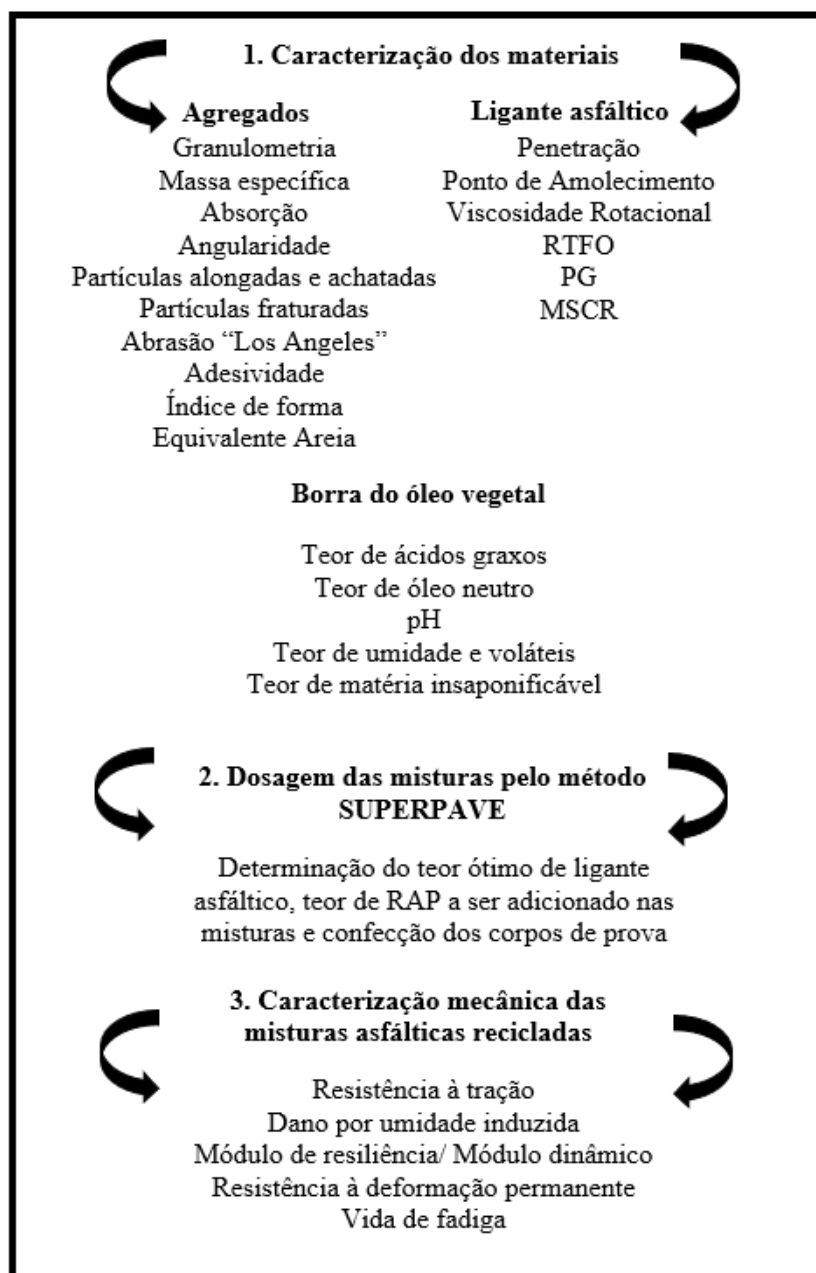


Figura 1 - Fluxograma para realização do estudo experimental

Os agregados graúdos utilizados para compor as misturas asfálticas recicladas serão as britas graníticas de diâmetros nominais máximos 19 mm e 12.5 mm, os agregados miúdos serão o pó de pedra, também de natureza granítica, e a areia. A cal hidratada dolomítica será usada como filer. O RAP deve ser oriundo de algum serviço de reconstrução em rodovias próximas à Universidade do curso.

A caracterização dos agregados naturais será realizada por meio dos procedimentos de massa específica (ASTM C127:2015), absorção (ASTM C127:2015), índice de forma (ASTM D4791:2019), equivalente areia (ASTM D2419:2014), abrasão Los Angeles (ASTM C131:2020), análise granulométrica (ASTM C136:2019), partículas alongadas e achatadas (ASTM D4791:2019), adesividade de agregado graúdo (ASTM D5100:2018), partículas fraturadas (ASTM D5821-13:2017) e angularidade (ASTM C1252:2017).

A borra do óleo vegetal será caracterizada segundo as normas da American Oil Chemists' Society por meio dos ensaios de Ácidos graxos livres em ácido oleico (AOCS Ca 5a-40:2017), Teor de ácidos graxos totais (AOCS G 3-53: 2017), Teor de ácidos graxos oxidados (AOCS G 3-53: 2017), Teor de matéria insaponificável (AOCS Ca 6a-40: 2017), Teor de óleo neutro (AOCS G5-40: 2017), pH a 25°C (AOCS G 7-56: 2017), Teor de umidade e voláteis (AOCS Ca 2c-25: 2017).

O agente rejuvenescedor será a borra de algum óleo vegetal. A produção de óleos vegetais se concentra na região centro-oeste, sudeste e nordeste; e a maioria das indústrias cedem material para pesquisa a fim de viabilizar o uso de seus produtos e subprodutos. A IMCOPA, localizada no estado do Paraná na cidade de Araucária, destina investimentos permanentes em tecnologia de ponta e capacitação das equipes com o intuito de aprimorar a sua política de desenvolvimento sustentável. O ligante asfáltico classificado com penetração 50/70 (AB 50/70) é indicado para produzir as misturas asfálticas, pois é o tipo de ligante mais utilizado na região nordeste do Brasil.

Para efetivação da pesquisa, serão utilizados teores de 7, 8, 9 e 10% da borra do óleo vegetal como aditivo ao ligante asfáltico (AB 50/70). No processo de mistura (ligante/bio-óleo) será utilizado um agitador mecânico FISATOM, Modelo 722D. O ligante asfáltico puro será submetido a um aquecimento prévio em estufa a 120°C por cerca de 90 minutos para garantir a fluidez necessária que possibilitasse a homogeneização. O ligante será depositado em um béquer e inserido na manta do agitador mecânico e submetido a uma rotação de 300 rpm para

assegurar uma homogeneidade na distribuição da mistura. Ao se atingir a temperatura de estabilização (140°C) adicionará os aditivos oleaginosos, separadamente, em proporção ao peso do ligante puro e submeterá a rotação para 1.000 rpm, mantendo as amostras por 30 minutos para a homogeneização, nos teores pré-estabelecidos.

Após obtenção dos ligantes asfálticos modificados, será realizada a caracterização física e reológica dos ligantes, antes e após o procedimento de envelhecimento em estufa a curto prazo RTFO (ASTM D2872:2019), por meio dos ensaios de Penetração (ASTM D5M:2020), Ponto de Amolecimento (ASTM D36M-14:2020), Viscosidade Rotacional (ASTM D4402:2015), Performance Grade (PG) (ASTM D6373:2021) e Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) (ASTM D7405:2020).

Para avaliar e comparar as misturas asfálticas, a dosagem será realizada seguindo a metodologia SUPERPAVE, normatizada pela ASTM D6925: 2015. O nível de tráfego a ser utilizado será o médio a alto e o tamanho máximo nominal (TMN) será 19.0mm. Os dados da caracterização do ligante asfáltico serão utilizados para definir o teor ideal de RAP a ser implementado na dosagem da mistura asfáltica reciclada pelo método *Blending Chart* (método B), ligante asfáltico virgem conhecido e teor de RAP desconhecido, da NCHRP *Report* 452:2001. Após a recuperação do ligante asfáltico, um gráfico de mistura será produzido para definir o teor de RAP a ser adicionado na mistura asfáltica reciclada. Na construção do gráfico utilizará os dados de PG do ligante asfáltico recuperado e o menor valor de PG obtido após análise do ligante modificado com a borra do óleo vegetal. A Figura 2 apresenta um exemplo do gráfico com o teor de RAP a ser utilizado nas misturas asfálticas.

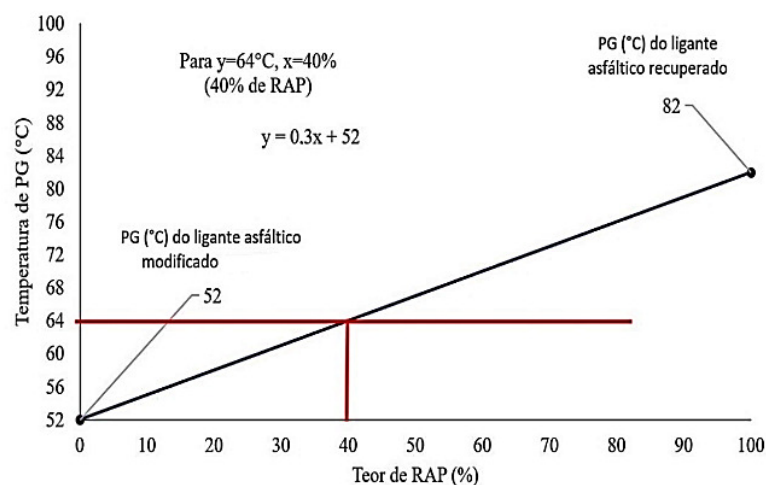


Figura 2 - Exemplo do gráfico para definição do teor de RAP a ser adicionado na mistura asfáltica reciclada

De acordo com exemplo do gráfico construído pelo método B da NCHRP Report 452:2001 apresentado na Figura 2, o teor de RAP a ser utilizado na mistura asfáltica para uma temperatura de PG de trabalho de 64°C, comumente usada na região Nordeste do Brasil, foi de 40%.

É sabido que misturas asfálticas recicladas apresentam elevada rigidez e que a utilização de elevados teores de RAP (>30%) pode vir a comprometer o desempenho mecânico das misturas. Portanto, é necessário investigar o desempenho dessas misturas asfálticas recicladas (com agente rejuvenescedor e sem agente rejuvenescedor) a fim de comparar com o desempenho mecânico de uma mistura asfáltica convencional. Essa análise de comparação será desenvolvida por meio da realização dos ensaios de resistência à tração, dano por umidade induzida, módulo de resiliência, módulo dinâmico, resistência à deformação permanente e vida de fadiga.

A norma DNIT 136:2018 é utilizada para o teste de resistência à tração por compressão diametral (RT) das misturas asfálticas. Neste teste, duas forças diametralmente opostas são aplicadas a um corpo de prova cilíndrico, por meio de frisos metálicos que geram tensões de tração uniformes perpendicularmente ao seu diâmetro. O carregamento estático crescente será aplicado por meio de uma prensa mecânica, à velocidade de deformação de $0.8 \pm 0,1$ mm/s. A leitura da carga de ruptura será feita por meio de um anel dinamométrico acoplado à prensa.

O potencial de deslocamento da película de asfalto em misturas asfálticas sob a ação da água em ciclos de gelo e degelo é avaliado por meio do método de ensaio DNIT 180:2018. Este ensaio é um medidor de adesividade que considera o efeito deletério da água sobre propriedades de resistência mecânica da mistura asfáltica.

A rigidez das misturas asfálticas será medida a partir do módulo de resiliência (MR), na configuração do ensaio de compressão diametral sob carga repetida, segundo a norma DNIT 135:2018. O módulo dinâmico (MD) é o valor normal do módulo complexo, calculado dividindo-se a máxima tensão (pico a pico) pela deformação axial recuperável (pico a pico) para um material sujeito a uma carga senoidal. Tanto o ensaio de módulo dinâmico quanto o ensaio de módulo de resiliência oferecem estimativas da rigidez da mistura asfáltica. As principais diferenças entre os dois ensaios é que neste primeiro levam-se em conta as parcelas elásticas e não elásticas das deformações, e utilizam-se carregamentos axiais senoidais, enquanto no módulo de resiliência utilizam-se carregamentos de ondas quadradas em

compressão diametral e só a parcela elástica é levada em conta no cálculo do módulo. A determinação experimental do módulo dinâmico seguirá o método DNIT 416:2019.

O ensaio uniaxial de carga repetida será realizado para medir a resistência à deformação permanente das misturas asfálticas seguindo o método de ensaio DNIT 184:2018. A vida de fadiga será analisada por meio do método de ensaio DNIT 183:2018 (Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada).

2.2 Metodologia de aplicação do estudo no curso Técnico em Estradas

Para realização do estudo será necessária a leitura de artigos científicos publicados em periódicos internacionais, dissertações e teses, e normas padronizadas; que apresentem estudos parecidos aplicando a mesma metodologia científica.

A realização do estudo será em laboratório voltado à Geotecnia com ênfase em pavimentação. Todos os alunos envolvidos estarão utilizando Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) para manuseio com os materiais e execução dos ensaios experimentais. A turma deverá ser dividida em 4 equipes onde cada uma irá avaliar a mistura asfáltica com um teor diferente do aditivo (7, 8, 9 e 10%).

A primeira etapa para desenvolvimento da pesquisa será a aquisição dos materiais, e em seguida a caracterização de cada um por meio de normas específicas. A segunda etapa corresponde à modificação dos ligantes asfálticos e análise física e reológica por meios dos ensaios normatizados. A terceira etapa corresponde à produção das misturas asfálticas recicladas com os materiais caracterizados e pré-selecionados anteriormente. Por fim, a quarta e última etapa diz respeito à análise mecânica das misturas asfálticas recicladas por meio dos ensaios mecânicos prescritos em normas.

Todos os alunos serão avaliados pelo empenho dentro do laboratório e pela análise reológica das amostras do ligante asfáltico modificado e mecânica das misturas asfálticas recicladas. Os estudantes deverão escrever um artigo científico abordando a análise do estudo dessa pesquisa, apresentando e discutindo os resultados encontrados e a viabilidade da sua aplicação para posterior submissão e publicação em um periódico nacional ou internacional, enquadrando-se no escopo de Engenharias I da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

3 RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento dessa pesquisa laboratorial em cursos técnicos em estradas, espera-se que:

- a borra dos óleos vegetais consiga reduzir o grau de desempenho do ligante asfáltico recuperado nos teores propostos;
- o desempenho mecânico das misturas asfálticas recicladas seja equivalente ou superior às misturas asfálticas tradicionais;
- os alunos envolvidos no projeto de pesquisa consigam aprender e interpretar ensaios realizados para caracterização de materiais asfálticos;
- a produção de artigos científicos também proporcione ao aluno uma maior ligação com a academia.

4 CONCLUSÃO

Com a realização dessa proposta de intervenção pedagógica foi possível concluir que:

- o envolvimento dos alunos do curso Técnico em Estradas nesse projeto de pesquisa abrirá portas para a vivência científica e para análises de materiais empregados no ramo da pavimentação, possibilitando um leque de oportunidades na atuação do futuro Técnico em Estradas, em campo e em laboratório;
- a proposta de intervenção foi construída a fim de que os alunos do curso Técnico em Estradas consigam vivenciar a prática em laboratório, tornando-os profissionais mais capacitados e permitindo uma maior relação com atuantes da área. O emprego dessa intervenção tende a combater dificuldades encontradas nos cursos técnicos em estradas como a ausência do aprofundamento de estudos voltados à área, melhorando o relacionamento entre alunos e instituição;
- a produção de misturas asfálticas recicladas com alto teor de RAP e com ligantes asfálticos modificados por material oriundo do subproduto de óleo vegetal é uma temática que vem sendo estudada e faz parte da realidade dos profissionais atuantes na área da pavimentação no Brasil;
- o estudo de materiais alternativos sustentáveis é um cenário promissor por apresentar destinos adequados a produtos de baixo custo e com pouca finalidade. Assim, essa pesquisa abordando o uso de subprodutos e de resíduos na produção de novas misturas asfálticas é um modelo inovador dentro da tecnologia da pavimentação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS Ca 2c-25**: Moisture and Volatile Matter, in Animal and Vegetable Fats, Air Oven Method. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS Ca 5a-40**: Free Fatty Acids in Crude and Refined Fats and Oils. Estados Unidos, 1997.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS Ca 6a-40**: Unsaponifiable Matter in Fats and Oils, Except Marine Oils. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS G 3-53**: Total Fatty Acids, Oxidized Fatty Acids, Wet Extraction Method. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS G 5-40**: Neutral Oil in Soapstock, Unsaponifiable Material. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **AOCS G 7-56**: pH of Acidulated Soapstocks. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 1252**: Standard Test Methods for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as Influenced by Particle Shape, Surface Texture, and Grading). Estados Unidos, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 127**: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. Estados Unidos, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 131M**: Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Estados Unidos, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 136M**: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Estados Unidos, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 496M**: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2172**: Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Asphalt Binder from Asphalt Mixtures. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2419**: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate. Estados Unidos, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2872**: Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). Estados Unidos, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 36M-14**: Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus). Estados Unidos, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 4402M**: Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer. Estados Unidos, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 4791**: Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate. Estados Unidos, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 4867M-09**: Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures. Estados Unidos, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5100**: Standard Test Method for Adhesion of Mineral Aggregate to Hot Bitumen. Estados Unidos, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5821-13**: Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate. Estados Unidos, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5M**: Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. Estados Unidos, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 6373**: Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder. Estados Unidos, 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 6925**: Standard Test Method for Preparation and Determination of the Relative Density of Asphalt Mix Specimens by Means of the Superpave Gyratory Compactor. Estados Unidos, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 7369**: Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Asphalt Mixtures by Indirect Tension Test. Estados Unidos, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 7405**: Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer. Estados Unidos, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 7653**: Standard Test Method for Determination of Trace Gaseous Contaminants in Hydrogen Fuel by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Estados Unidos, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 8292**: Standard Test Method for Permanent Deformation Behavior and Rutting Resistance of Compacted Asphalt Mix in the Modified Loaded Wheel Tracker Test Utilizing Controlled Confining Pressure. Estados Unidos, 2020.

ANTHONISSEN, Joke; VAN DEN BERGH, Wim; BRAET, Johan. Reuse of bituminous pavements: A mini-review of research, regulations and modelling. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 4, p. 357-366, 2017.

CASEY, Donnchadh; MCNALLY, Ciaran; GIBNEY, Amanda; GILCHRIST, Michael D. Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 52, n. 10, p. 1167-1174, 2008.

CHEN, Tian; LUAN, Yingcheng; MA, Tao; ZHU, Junqing; HUANG, Xiaoming; MA, Shijie. Mechanical and microstructural characteristics of different interfaces in cold recycled mixture containing cement and asphalt emulsion. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020.

CHIU, Chui-Te; HSU, Tseng-Hsing; YANG, Wan-Fa. Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 52, n. 3, p. 545-556, 2008.

CUNHA, Cristiane Bolina da; BUDNY, Jaelson; KLAMT, Rodrigo André; CENTOFANTE, Roberta; BARONI, Magno. Avaliação de concreto asfáltico usinado a quente com incorporação de material fresado. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 135**: Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas - Determinação do módulo de resiliência - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 136**: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 180**: Pavimentação - Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 183**: Pavimentação asfáltica - Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 184**: Pavimentação - Misturas asfálticas - Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 416**: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação do módulo dinâmico – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

DIB, Marcel Henrique Militão. **Fundamentos do Fresamento: uma aplicação em microfresamento**. Dissertação (Mestrado em Manufatura). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

DING, Xunhao; CHEN, Luchuan; MA, Tao; MA, Haixia; GU, Linhao; CHEN, Tian; MA, Yuan. Laboratory investigation of the recycled asphalt concrete with stable crumb rubber asphalt binder. **Construction and Building Materials**, v. 203, p. 552-557, 2019.

DOKANDARI, P. Aghazadeh; KAYA, D.; SENGOZ, B.; TOPAL, A. **Implementing waste oils with reclaimed asphalt pavement**. In: Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17), p. 2371–5294, 2017.

EL-SHORBAGY, Amira M.; EL-BADAWY, Sherif M.; GABR, Alaa R. Investigation of waste oils as rejuvenators of aged bitumen for sustainable pavement. **Construction and Building Materials**, v. 220, p. 228-237, 2019.

EPPS MARTIN, Amy; KASEER, Fawaz; ARÁMBULA-MERCADO, Edith; BAJAJ, A.; SIAS, J. E.; HAJJ, E. Y.; MORIAN, N.; OGBO, C.; CECCOVILLI, R. Component materials selection guidelines and evaluation tools for binder blends and mixtures with high recycled materials content and recycling agents. **Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists**, v. 88, 2019.

FONSECA, Jessica Freire; GÓIS, Thaís de Souza; DOMINICINI, Wagner Klippel; TEIXEIRA, Jamilla Emi Sudo Lutf. **O estado da arte sobre o uso de reciclado de pavimento asfáltico na pavimentação no Brasil e no mundo**. ANPET, 2014.

GARCIA, A.; SALIH, S.; GÓMEZ-MEIJIDE, B. Optimum moment to heal cracks in asphalt roads by means electromagnetic induction. **Construction and Building Materials**, v. 238, 2020.

HAJJ, Elie Y.; SOULIMAN, Mena I.; ALAVI, Mohamaad Z.; SALAZAR, Luis Guillermo Loria. Influence of hydrogreen bioasphalt on viscoelastic properties of reclaimed asphalt mixtures. **Transportation Research Record**, v. 2371, n. 1, p. 13-22, 2013.

HUANG, Baoshan; SHU, Xiang; VUKOSAVLJEVIC, Dragon. Laboratory Investigation of Cracking Resistance of Hot-Mix Asphalt Field Mixtures Containing Screened Reclaimed Asphalt Pavement. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 23, n. 11, p. 1535-1543, 2011.

JALKH, Rita; EL-RASSY, Houssam; CHEHAB, Ghassan; ABIAD, Mohamad. Assessment of the physico-chemical properties of waste cooking oil and spent coffee grounds oil for

potential use as asphalt binder rejuvenators. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 11, p. 2125-2132, 2018.

JI, Jie; YAO, Hui; SUO, Zhi; YOU, Zhanping; LI, Haoxin; XU, Shifa; SUN, Lijun. Effectiveness of vegetable oils as rejuvenators for aged asphalt binders. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 29, n. 3, 2017.

KARLSSON, Robert; ISACSSON, Ulf. Material-related aspects of asphalt recycling – state of – the art. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 18, n. 1, 2006.

KASEER, Fawaz; EPPS MARTIN, Amy; ARÁMBULA-MERCADO, Edith. Use of recycling agents in asphalt mixtures with high recycled materials contents in the United States: A literature review. **Construction and Building Materials**, v. 211, p. 974-987, 2019.

LASTRA-GONZÁLEZ, Pedro; INDACOECHEA-VEGA, Irune; CALZADA-PÉREZ, Miguel A.; VEGA-ZAMANILLO, Ángel; CASTRO-FRESNO, Daniel. Assessment of induction heating in the performance of porous asphalt mixtures. **Road Materials and Pavement Design**, v. 21, n. 8, p. 2302-2320, 2020.

MORSALI, Saeed; İŞILDAR, Gamze Yucel. Determination of Environmental Impacts of Bituminous Highway's by Life Cycle Assessment. **Computational Engineering and Physical Modeling**, v. 3, p. 38–50, 2020.

MOVILLA-QUESADA, Diana; RAPOSEIRAS, Aitor C.; LAGOS-VARAS, Manuel; MUÑOZ-CÁCERES, Osvaldo; ANDRÉS-VALERI, Valerio-Carlos; TRONCOSO, Loreto. Study of the optimal dosage of cellulose ash as a contribution filler in asphalt mixtures based on its adhesiveness under moisture conditions. **Sustainability**, v. 13, p. 1-16, 2021.

PÉREZ-MARTÍNEZ, Miguel; MORENO-NAVARRO, Fernando; MARTÍN-MARÍN, Jesus; RÍOS-LOSADA, Carolina; RUBIO-GÁMEZ, M. Carmem. Analysis of cleaner technologies based on waxes and surfactant additives in road construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 374-379, 2014.

REYES-ORTIZ, O.; BERARDINELLI, E.; ALVAREZ, A. E.; CARVAJAL-MUÑOZ, J. S.; FUENTES, L. G. Evaluation of hot mix asphalt mixtures with replacement of aggregates by reclaimed asphalt pavement (RAP) material. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 53, p. 379-388, 2012.

SEIDEL, Joseph C.; HADDOCK, John E. Rheological characterization of asphalt binders modified with soybean fatty acids. **Construction and Building Materials**, v. 53, p. 324-332, 2014.

SHAHBANDEH, M. **Production of major vegetable oils worldwide from 2012/13 to 2020/2021, by type (in million metric tons)**. Statista, 2021. Disponível em:

SHEN, Junan; AMIRKHANIAN, Serji; MILLER, Jennifer Aune. Effects of rejuvenating agents on superpave mixtures containing reclaimed asphalt pavement. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 19, n. 5, p. 376-384, 2007.

SILVA, G. A. M.; RÓS, P. C. M.; SOUZA, L. T. A.; COSTA, A. P. O.; CASTRO, H. F. Physico-chemical, spectroscopical and thermal characterization of biodiesel obtained by enzymatic route as a tool to select the most efficient immobilized lipase. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2012.

SOTOODEH-NIA, Zahra; MANKE, Nicholas; WILLIAMS, R. Christopher; COCHRAN, Eric W.; POROT, Laurent; CHAILLEUX, Emmanuel; PRESTI, Davide Lo; CARRIÓN, Ana Jiménez del Barco; BLANC, Juliette. Effect of two novel bio-based rejuvenators on the performance of 50% RAP mixes—a statistical study on the complex modulus of asphalt binders and asphalt mixtures. **Road Materials and Pavement Design**, v. 22, pp. 1-18, 2019.

STIMILLI, Arianna; VIRGILI, Amedeo; CANESTRARI, Francesco. Warm recycling of flexible pavements: Effectiveness of Warm Mix Asphalt additives on modified bitumen and mixture performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 911-922, 2017.

TAHERKHANI, Hasan; NOORIAN, Farid. Comparing the effects of waste engine and cooking oil on the properties of asphalt concrete containing reclaimed asphalt pavement (RAP). **Road Materials and Pavement Design**, v. 21, n. 5, p. 1-20, 2018.

WEN, Haifang; BHUSAL, Sushanta; WEN, Ben. Laboratory evaluation of waste cooking oil-based bioasphalt as an alternative binder for hot mix asphalt. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 25, n. 10, p. 1432-1437, 2013.

ZARGAR, Majid; AHMADINIA, Esmaeil; ASLI, Hallizza; KARIM, Mohamed Rehan. Investigation of the possibility of using waste cooking oil as a rejuvenating agent for aged bitumen. **Journal of Hazardous Materials**, v. 233, p. 254-258, 2012.

ZAUMANIS, Martins; MALLICK, Rajib B.; POULIKAKOS, Lily; FRANK, Robert. Influence of six rejuvenators on the performance properties of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) binder and 100% recycled asphalt mixtures. **Construction and Building Materials**, v. 71, p. 538-550, 2014.

ZHANG, Ran; WANG, Hainian; JIANG, Xin; YOU, Zhanping; YANG, Xu; YE, Mingxiao. Thermal storage stability of bio-oil modified asphalt. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 30, n. 4, 2018.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto: TCC
Assinado por: Osires Neto
Tipo do Documento: Auto
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Osires de Medeiros Melo Neto, ALUNO (202027410064) DE ESPECIALIZAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA - CAMPUS CABEDELLO, em 12/07/2022 00:33:54.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/07/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 568291
Código de Autenticação: 6a2cb2f857

