



ANÁLISE QUALITATIVA DE RESILIÊNCIA EM MISTURAS FRESADAS REJUVENESCIDAS

Osires de Medeiros Melo Neto ¹
Amanda Jéssica Rodrigues da Silva ²
Rita Flávia Regis Queiroz ³
Jucimara Cardoso da Silva ⁴

RESUMO

As camadas de revestimentos asfálticos brasileiros vêm sentindo ao decorrer dos anos, o crescimento do volume de tráfego, problemas estruturais e funcionais carecendo de constante manutenção, impactando, também, o conforto e segurança de usuários. Nesta perspectiva, a reciclagem do material fresado aparece como alternativa viável para solução da problemática do ponto de vista técnico e ambiental. Na presente pesquisa estudou-se métodos de análise qualitativa de resiliência em misturas fresadas recicladas. A caracterização de resiliência foi dada segundo os fatores de vulnerabilidade e capacidade, que obteve um valor igual a 04 (quatro) em uma escala de 1 a 5. Classificou-se também o sistema quanto às habilidades adotando o método RAG, caracterizando as habilidades de deficiente à excelente. As habilidades Responder e Monitorar classificaram-se como aceitáveis, já Antecipar e Aprender como satisfatórias. A análise com o método do ciclo adaptativo demonstrou que o ciclo da mistura asfáltica fresada reciclada ocorre de forma consistente e satisfatória. Porém, por mais que seja fiscalizado e elaborado o sistema, não há como garantir estabilidade no ciclo. O sistema de mistura fresada rejuvenescida categorizou-se como resiliente, possuindo um grande potencial para retornar ao seu estado original.

Palavras-chave: Material fresado, Resíduos, Resiliência.

INTRODUÇÃO

A construção de novos pavimentos e a manutenção da rede viária são consideradas áreas de grande importância devido ao alto consumo de recursos econômicos e ambientais. É fundamental um plano estratégico e um conhecimento das diferentes técnicas que possam minimizar os custos totais, manter um nível de serviço aceitável para os usuários e estar em equilíbrio com o meio ambiente. Tendo em vista esses aspectos, muitos estudos têm sido realizados sobre o RAP (Asfalto fresado) - materiais de pavimentos removidos e/ou reprocessados contendo asfalto e agregados. Esses materiais são conseguidos quando os

¹ Mestrando do Curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, osiresdemedeiros@gmail.com;

² Mestranda do Curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, amanda.jessica25@hotmail.com;

³ Mestranda do Curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, flaviarq18@gmail.com;

⁴ Mestranda do Curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, jucimara.engenhariacivil@gmail.com;



pavimentos asfálticos são removidos para reconstrução ou recapeamento (GÓMEZ-PABLO, 2017).

O material fresado é considerado um resíduo não perigoso e inerte, Classe II-B, conforme a classificação de resíduos da norma ABNT NBR 10004:2004. A fiscalização sobre a destinação do material asfáltico fresado dos pavimentos, assim como de outros exercícios construtivos é estabelecida, no Brasil, pela Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que determina leis e diretrizes de gestão de resíduos, reivindicando que todo órgão gerador de resíduos tenha um programa de gestão desta matéria, a fim de minimizar os impactos ambientais (CUNHA et al., 2018). A contaminação ambiental devido ao procedimento de pavimentação de rodovias pode ser minimizada alterando a mistura de asfalto (SUSANTO et al., 2019). Para que os materiais de recursos sejam classificados sustentáveis, eles devem ser tecnicamente, economicamente e ambientalmente praticáveis. A viabilidade ambiental garante que o meio ambiente não seja atingido de maneira negativa (SEIDEL; HADDOCK, 2012). Ao utilizar asfalto fresado na construção de rodovias, ele deve satisfazer aos requisitos de materiais virgens e seu comportamento deve ser igual ou superior que a mistura convencional comumente utilizada. As propriedades de misturas asfálticas com alto teor de asfalto fresado podem ser maximizadas alterando a mistura com adição de um ligante mais macio e incorporando rejuvenescedores (SONG; HUANG; SHU, 2018).

Zaumanis et al. (2014) avaliou o rejuvenescimento de misturas 100% recicladas, alteradas com uma dose de 12% de seis rejuvenescedores, sendo eles óleo vegetal residual, óleo orgânico, gordura vegetal residual, óleo destilado, óleo de motor e resíduo de extrato aromático. As misturas rejuvenescidas demonstraram acréscimo na resistência ao sulco e rachaduras, assim como diminuição na trabalhabilidade e resistência à umidade. Elkashef e Williams (2017) afirmaram que 6% a 12% do rejuvenescedor derivado de soja pode melhorar as propriedades de fadiga e baixa temperatura dos ligantes extraídos de asfaltos fresados. Misturas de asfalto fresado 100% rejuvenescidas utilizando um ligante alterado com soja mostraram um acréscimo na energia de fratura. Hong et al. (2020) desenvolveram na China uma pesquisa de rejuvenescimento de ligante asfáltico envelhecido utilizando um rejuvenescedor composto, contendo 77% de óleo aromático e 23% de polímero SBS. O grande efeito de amolecimento no ligante asfáltico foi produzido pelo óleo aromático, o que maximizou o desempenho em baixas temperaturas, mas diminuiu o desempenho em altas



temperaturas. Entretanto, a incorporação do polímero SBS foi um ótimo complemento para equilibrar o desempenho geral dos ligantes envelhecidos.

A avaliação da resiliência em sistemas de transportes é parcialmente nova no Brasil, mas vem se estabelecendo internacionalmente como uma ampla e importante área de análise para sistemas logísticos (CHRISTOPHER; PECK, 2004). Resiliência pode ser definida como a habilidade que um sistema tem para retornar rapidamente ao seu estado original após sofrer uma mudança significativa ou um evento de ruptura em suas atividades (FIKSEL, 2006). A resiliência é uma concepção aplicável a diversas áreas do conhecimento e vem sendo redefinida em cada cenário científico específico (ABDULLAH; NOOR; IBRAHIM, 2013).

Assim, o presente estudo objetiva analisar a resiliência das misturas asfálticas rejuvenescidas para a gestão de resíduos sólidos do sistema de pavimentação por meio dos modelos de resiliência desenvolvidos por Holling e Gunderson (2002), Pettit (2008) e Hollnagel (2011).

METODOLOGIA

Caracteriza-se em um estudo conduzido no modelo de análise de resiliência. Foi adotada a abordagem qualitativa, por se constituir na determinação do nível de resiliência através da análise de aspectos ou características essenciais a um sistema resiliente, baseados em estudos recentes de desempenho mecânico de misturas asfálticas recicladas no mundo. São condições normalmente relacionadas com vulnerabilidades, capacidades, flexibilidades, velocidades, adaptabilidades, entre outras.

O método de análise recomendada por Pettit (2008) denominado de *Supply Chain Resilience Assessment and Management* pode ser entendida como uma abordagem semi-quantitativa uma vez que os fatores de capacidade e vulnerabilidade são classificados em uma escala numérica (1 a 5) para a indicação do nível de resiliência através de um indicador global. Na pesquisa de Pettit (2008) são enumerados 07 (sete) fatores de vulnerabilidade formados de 40 (quarenta) subfatores, além de 14 (quatoze) fatores de capacidade e seus 71 (setenta e um) subfatores correspondentes. A Tabela 1 apresenta os fatores de vulnerabilidade e capacidade presentes no *Supply Chain Resilience Assessment and Management*:

Tabela 1: Fatores de vulnerabilidade e capacidade em sistemas logísticos.

FATOR DE VULNERABILIDADE	FATOR DE CAPACIDADE
Turbulência	Flexibilidade na Terceirização
Ameaças Deliberadas	Flexibilidade nos pedidos
Pressões Externas	Capacidade



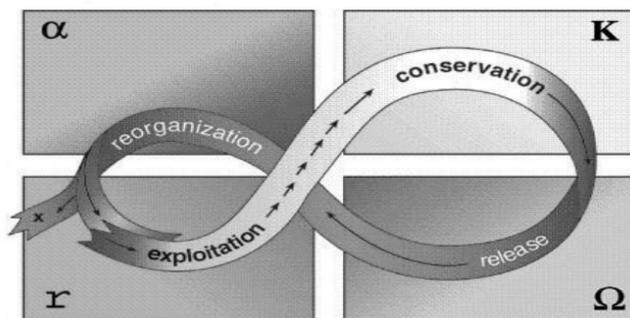
Limitação de Recursos	Eficiência
Integridade	Visibilidade
Conectividade	Adaptabilidade
Rupturas no Fornecedor/Cliente	Antecipação
-	Recuperação
-	Dispersão
-	Colaboração
-	Organização
-	Posição de Mercado
-	Segurança
-	Força Financeira

Fonte: Adaptado de Pettit (2008).

Hollnagel et al. (2011) alegam que resiliência não é algo que um sistema quantitativamente “tem”, mas algo que um sistema qualitativamente “faz”. Nesse sentido, afirmam que as habilidades que capacitam um sistema são: Responder, Monitorar, Aprender e Antecipar. Para determinação do nível de resiliência, Hollnagel et al. (2011) recomendam uma técnica semi-quantitativa denominada *The Resilience Analyzis Grid* (RAG) para avaliar as 04 habilidades inerentes ao sistema resiliente. O método é baseado em um questionário conceitual (*framework*) com vários questionamentos, classificando as respostas dos especialistas em uma escala de 05 fatores (Excelente, Satisfatório, Aceitável, Inaceitável e Deficiente).

Um mecanismo investigativo conhecido como “ciclo adaptativo” é utilizado para classificar o envolvimento de sistemas que podem ficar estáveis e depois sofrerem uma mudança rápida. A Figura 1 explica o ciclo adaptativo:

Figura 1: As quatro fases do ciclo adaptativo.



Fonte: Holling e Gunderson (2002).

O ciclo possui quatro fases e é separado em duas partes. A primeira é uma etapa lenta para a frente, que inicia com a colonização ou a determinação de um sistema (fase r) e passa por um demorado processo de crescimento gradual. O sistema pode chegar a uma condição parcialmente estável que dura bastante tempo (fase K). A teoria de Holling e Gunderson (2002) inova no reconhecimento de que esse equilíbrio não é permanente, ou seja, enquanto o



sistema fica estável (na fase K), ele acumula vulnerabilidades e fragilidades e, por bastante tempo o sistema pode resistir a perturbações mínimas, mas em algum momento pode sofrer uma perturbação que o leva a um rápido e elevado colapso (fase Ω). O distúrbio que catalisa o colapso pode ser um evento raro e extremo ou pode ser um distúrbio pequeno, que chega no momento de grande vulnerabilidade. A segunda parte do ciclo (parte para trás), é muito mais rápida que a parte para frente, pois o colapso (fase Ω) libera recursos e permite a reorganização dos “ativos” acumulados (fase α), começando um novo ciclo e crescimento.

Pelas avaliações citadas, nota-se que as abordagens qualitativas demonstram noções sobre alguns fatores de resiliência dos sistemas, sem apresentar um valor quantitativo determinante. Por se tratar de uma análise qualitativa, realizou-se estudos baseados em pesquisas publicadas acerca da eficácia da utilização de material fresado em camada de revestimento asfáltico. Com os dados obtidos, avaliou-se o nível de resiliência que a mistura fresada rejuvenescida apresenta no âmbito da pavimentação através dos procedimentos mencionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta o nível de resiliência seguindo os procedimentos adotados por Pettit (2008) para os fatores de vulnerabilidade, considerando a escala de 1 a 5, analisando a probabilidade de ocorrência dos subfatores existentes.

Tabela 2: Nível de resiliência por fator de vulnerabilidade.

FATOR DE VULNERABILIDADE	SUBFACTORES	NÍVEL DE RESILIÊNCIA
Turbulência	Desastres naturais; exposição a rupturas geopolíticas; imprevisibilidade da demanda; flutuações no câmbio e preços; falhas tecnológicas imprevistas; pandemias.	4
Ameaças Deliberadas	Pirataria e roubo; terrorismo e sabotagem; disputas trabalhistas; espionagem industrial; interesses coletivos especiais; falhas em produtos.	3
Pressões Externas	Inovação competitiva; mudanças sociais/culturais; mudanças políticas/regulatórias/ pressões de preço; responsabilidade corporativa; mudanças ambientais.	5
Limitação de Recursos	Capacidade dos fornecedores; capacidade de produção; capacidade de distribuição; disponibilidade de matéria-prima;	4



	disponibilidade de insumos básicos (energia, água, etc.); recursos humanos.	
Integridade	Complexidade; pureza do produto; materiais restritos; fragilidade; confiabilidade de equipamentos; riscos potenciais de segurança; visibilidade de rupturas para as partes interessadas; perfil simbólico da marca; concentração de capacidade.	4
Conectividade	Escala/extensão da rede; confiança no fluxo de informação; grau de terceirização; canais de importação e exportação; dependência de insumos especializados.	5
Rupturas no Fornecedor/Cliente	Confiança nos fornecedores; ruptura nos clientes.	3

Fonte: Traduzido e adaptado de Pettit (2008).

Os valores obtidos de vulnerabilidade foram bem próximos, variando de 3 a 5, obtendo uma média igual a 4 para o nível de resiliência. A turbulência, caracterizada por frequentes mudanças nos fatores externos, como a presença de desastres naturais, é algo que influencia diretamente no comportamento do pavimento asfáltico, principalmente a ocorrência de enxurradas. A implementação de mistura fresada rejuvenescida como camada de revestimento em pavimentos asfálticos é tido como arriscada, por ser um método não muito usual e que poucas empresas adotam a medida, instabilizando uma possível demanda num futuro próximo.

As pesquisas com rejuvenescimento de material fresado, por serem, em sua maioria, recentes, traz insegurança à efetividade do produto, ocasionando pensamentos duvidosos aos empresários em relação ao comportamento da mistura asfáltica rejuvenescida a longo prazo. Em contrapartida, por ser um produto inovador e que minimiza impactos ambientais como o acúmulo de resíduos, o mundo começa a ter uma visão diferenciada, almejando um menor consumo de fontes não renováveis, minimização de entulho e reaproveitamento de materiais não servíveis.

A disponibilidade do material fresado depende da manutenção de camadas asfálticas que ocorrem de forma periódica na maioria das rodovias, por meio da fresagem. Existem pesquisas envolvidas com material fresado e adição de óleos vegetais, porém existe uma gama de opções de óleos e por meio desses estudos é descoberto o percentual ideal que ocasiona o rejuvenescimento da mistura fresada e qual apresenta melhor comportamento mecânico frente às adversidades ambientais. A medida que o número de emprego de mistura fresada rejuvenescida em camada asfáltica aumenta, a credibilidade dos estudos desenvolvidos acerca dessa implementação, aumenta.



Os níveis de resiliência para os fatores de capacidade, segundo Pettit (2008), é demonstrado na Tabela 3:

Tabela 3: Nível de resiliência por fator de capacidade.

FATOR DE CAPACIDADE	SUBFATORES	NÍVEL DE RESILIÊNCIA
Flexibilidade na Terceirização	Compartilhamento de instalações e processos; modularidade e intercambio de produtos; múltiplo uso para os suprimentos; flexibilidade de contrato com fornecedores; múltiplas fontes.	4
Flexibilidade no atendimento de pedidos	Canais de distribuição alternativos; compartilhamento de riscos; multiterceirização; adiamento da produção; gestão de inventário; realinhamento rápido de requisitos.	5
Capacidade	Capacidade reserva (materiais, bens, equipes, inventário); redundância (ativos, equipe); backup de fontes de energia/comunicação.	3
Eficiência	Eliminação de desperdícios; produtividade do trabalho; utilização de ativos; redução da variabilidade do produto; prevenção de falhas.	3
Visibilidade	Aplicação de business intelligence; uso de tecnologia da informação; visibilidade de produtos, ativos e pessoas; intercâmbio colaborativo de informação.	5
Adaptabilidade	Realinhamento rápido de requisitos; melhoria de processos; redução de tempo de execução; jogos estratégicos e simulação; aprendizagem vantajosa das rupturas; desenvolvimento de tecnologias alternativas; aprender com a experiência (reengenharia).	5
Antecipação	Monitoramento de sinais de alerta; previsão de desvios; análise de incidentes; planejamento de contingência; preparação (planos de formação/treino/exercício); gestão de riscos; plano de continuidade de negócios; reconhecimento de oportunidades.	5
Recuperação	Gerenciamento de crise; mobilização de recursos; estratégia de comunicação; mitigação de consequências.	3
Dispersão	Tomada de decisões distribuídas; distribuição de ativos e capacidades; descentralização de recursos-chave; localização específica de forças; dispersão geográfica dos mercados.	2
Colaboração	Previsão colaborativa e gestão do relacionamento com clientes; comunicações (internas, externas); adiamento de pedidos; gestão de ciclo de vida do produto; compartilhamento de riscos com fornecedores.	5
Organização	Aprendizagem; feedback; responsabilidade e	4



	delegação; trabalho em equipe e resolução criativa de problemas; formação de equipes; capacidade de substituição de lideranças; cultura de cuidar de empregados.	
Posição de Mercado	Diferenciação do produto; lealdade e retenção do cliente; participação de mercado; valor da marca; relações com os consumidores; comunicação com os clientes.	2
Segurança	Defesas em camadas; restrições de acesso; envolvimento dos trabalhadores na manutenção da segurança; colaboração com governo; cibersegurança; segurança pessoal.	3
Força Financeira	Seguros; diversificação da carteira; reservas financeiras e nível de liquidez; margem de preço.	4

Fonte: Traduzido e adaptado de Pettit (2008).

Os fatores de capacidade apresentados por Pettit (2008) é o dobro do número de fatores de vulnerabilidade, conseqüentemente possuem uma gama maior de subfatores que influenciam na caracterização. A classificação dos fatores de capacidade apresentaram maior variação, porém a média foi igual a encontrada nos fatores de vulnerabilidade, o valor 4.

A implementação da mistura fresada rejuvenescida necessita da flexibilização de contrato com fornecedores, responsabilizando-se por um tempo de projeto inferior ao comumente utilizado em misturas asfálticas convencionais, tendo em vista o pouco uso de mistura fresada rejuvenescida em camada de revestimento. O fluxo de produção pode ser comprometido em determinados períodos devido à falta de algum insumo, provavelmente o material fresado, que é conseguido apenas com a ocorrência de fresagem da camada de revestimento.

Uma alternativa para o não comprometimento da produção, é a reserva de material fresado até que se obtenha o volume necessário para uma produção em longa escala. Esse produto, mistura fresada rejuvenescida, composto por resíduos, se destaca em termos de sustentabilidade e minimização de impactos ambientais, pois eliminam desperdícios e ganham visibilidade das empresas. O produto novo traz conseqüências na economia, pelo fato de ser um produto concorrente do comumente utilizado e, acarreta descentralização do produto base de produção, o petróleo, caracterizando-se como tecnologia alternativa, viabilizando redução de custos na produção.

Determinou-se, também, o nível de resiliência pelo método semi-quantitativo recomendado por Hollnagel et al. (2011). A técnica RAG, baseada no questionário, classificou a mistura fresada rejuvenescida por meio dos critérios, base das perguntas, para cada habilidade do método. A Tabela 4 apresenta os critérios utilizados:



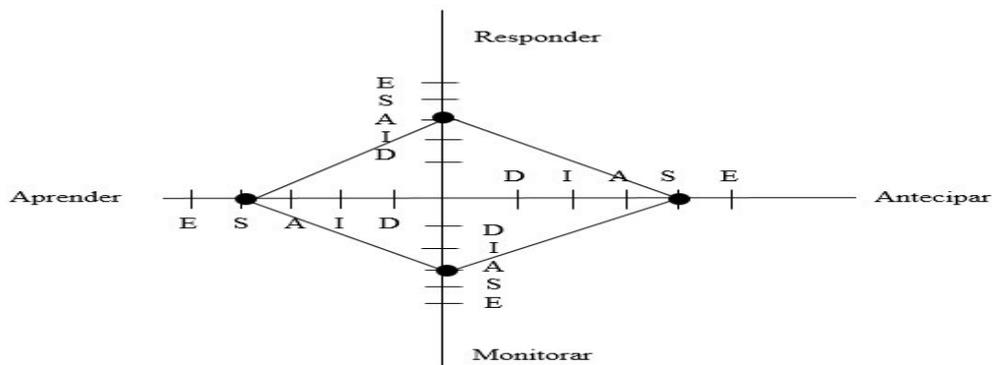
Tabela 4: Critérios base do questionário para cada habilidade do RAG.

RESPOSTA	MONITORAMENTO	ANTECIPAÇÃO	APRENDIZADO
Lista de Eventos de Ruptura	Lista de Indicadores	Experiência	Critérios de seleção
Experiência	Relevância	Frequência	Base de aprendizado
Relevância	Tipo de Indicador	Comunicação	Coleta de dados
Fronteiras	Validade	Premissas para o futuro	Classificação
Lista de Resposta aos Eventos de Ruptura	Atraso	Horizonte de tempo	Frequência
Velocidade	Tipo de Medição	Aceitação aos riscos	Recursos
Duração	Análise/ Interpretação	Natureza	Atraso
Recursos	Estabilidade	Cultura	Metas de Aprendizado
Regras de Parada	Suporte Organizacional	-	Implementação
Verificação	-	-	Verificação/ Manutenção

Fonte: Traduzido e adaptado de Hollnagel et al. (2011).

Cada critério apresenta uma pergunta fundamentada nele e então caracteriza a resposta para o questionamento como deficiente (D), inaceitável (I), aceitável (A), satisfatório (S), excelente (E). A presente pesquisa realizou o procedimento citado e, para uma análise mais definida, considerou-se o nível deficiente como 1 e prosseguiu-se a ordem para os demais até o nível 5, sendo este último classificado como excelente. Efetuou-se as médias para cada habilidade, obtendo a classificação geral de cada uma dentro das mencionadas acima. A Figura 2 apresenta o gráfico classificatório das habilidades pelo método RAG:

Figura 2: Gráfico classificatório do método RAG.



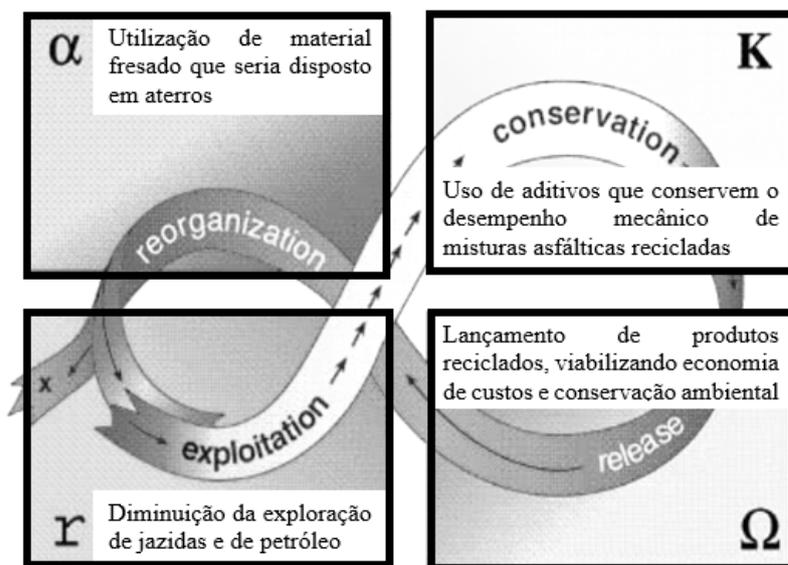
Fonte: Traduzido e adaptado de Hollnagel et al. (2011).



As habilidades Responder e Monitorar classificaram-se como aceitável, já a habilidade Antecipar juntamente com Aprender ficaram caracterizadas como satisfatórias.

Um ciclo adaptativo foi criado e baseado na teoria de Holling e Gunderson (2002) para avaliar o tema da presente pesquisa, que é a utilização de misturas asfálticas recicladas. A Figura 3 demonstra o ciclo adaptativo para essa questão ambiental:

Figura 3: Fases do ciclo adaptativo de misturas fresadas recicladas.



Fonte: Adaptado de Holling e Gunderson (2002).

O uso de material fresado em misturas asfálticas proporciona diminuição de exploração de jazidas e de petróleo e, acarreta a utilização de um material que seria disposto em aterros. Esse lançamento de produtos reciclados, viabiliza economia de custos na produção de misturas asfálticas, conservação do meio ambiente e desempenho satisfatório do sistema de pavimentação. É necessário a utilização de aditivos que conservem o desempenho mecânico das misturas recicladas, mas, como Holling e Gunderson (2002) citaram, há possibilidade de acontecimentos que deixem o sistema mais vulnerável, a exemplo de mudanças climáticas exageradas. Além disso, pode ocorrer acontecimentos catastróficos que instabilizam o sistema, necessitando recomeçar outro ciclo naquele local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que a resiliência das misturas fresadas rejuvenescidas é uma competência que necessita ser analisada através da aplicação de métodos científicos que busquem correlacionar suas capacidades e seus tempos de recuperação frente a um evento de ruptura. Os protótipos mostram-se eficientes para a avaliação de resiliência em misturas fresadas



rejuvenescidas, com análise de fatores e subfatores, assim como questionamentos voltados às habilidades do sistema.

Através dos fatores de vulnerabilidade e capacidade, o sistema de mistura fresada rejuvenescida classifica-se com nível de resiliência 4, tendo um grande potencial de retornar ao seu estado original. A análise com o método do ciclo adaptativo demonstrou que o ciclo da mistura asfáltica fresada reciclada ocorre de forma coerente, consistente e satisfatória. Porém, por mais que seja fiscalizado e elaborado o sistema, não há como garantir estabilidade no ciclo.

A possibilidade de acontecimentos inesperados e de fatores que possam comprometer o sistema é algo que deve ser lidado e preparado ao máximo pelos órgãos responsáveis. Este cenário é considerado um sistema que antecipa impactos negativos, assim como um meio de aprendizado na qualificação da reutilização de resíduos. Dentro das pesquisas realizadas, encontra-se com níveis de monitoramento e resposta aceitáveis.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, N. A. S.; NOOR, N. L. M.; IBRAHIM, E. N. M. **Resilient organization: Modelling the capacity for resilience**. International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS), nov. 2013. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6716729/>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Classificação de Resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the Resilient Supply Chain. **The International Journal of Logistics Management**, v.15, n.2, p. 1-14, 2004.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 307 de 5 de julho de 2002.
- CUNHA, C. B.; et al. Avaliação de concreto asfáltico usinado a quente com incorporação de material fresado. **Revista Matéria**, v.23, n.3, 10p, 2018.
- ELKASHEF, M.; WILLIAMS, R. C. Improving fatigue and low temperature performance of 100% RAP mixtures using a soybean-derived rejuvenator. **Construction and Building Materials**, v. 151, p.345-352, 2017.
- FIKSEL, J. Sustainability and resilience: toward a systems approach. **Sustainability: Science, Practice & Policy**, v.2, n. 2, 8p. 2006.
- GOMÉZ-PABLO, F. G. **Práticas sustentáveis nos pavimentos e sua possível aplicação no mercado brasileiro: presente e futuro**. 78p. Monografia (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.



HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.4, p.1-23, 1973.

HOLLING, C. S.; GUNDERSON, L. H. Resilience and adaptive cycles. **Panarchy: understanding transformations in human and natural systems**. Washington: Island Press, p. 25-62, 2002.

HOLLNAGEL, E.; et al. **Resilience Engineering in Practice: A Guidebook**. Aldershot: Ashgate, 2011.

HONG, W.; et al. Investigation of rejuvenation and modification of aged asphalt binders by using aromatic oil-SBS polymer blend. **Construction and Building Materials**, v. 231, 2020.

_____. Legislação 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: www.planlto.gov.br. Acesso em: 20 de abril de 2020.

_____. Legislação 12.305 de 02 de agosto de 2010. Disponível em: www.planlto.gov.br. Acesso em: 12 de abril de 2020.

MCGINNIS, M. D.; OSTROM E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. **Ecology and Society**, vol. 19, n. 2, 12p. 2014.

OLIVEIRA, F. M. G. **Difusos e Coletivos Direito Ambiental**. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2009.

PETTIT, T. J. **Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework, na Assessment Tool and na Implementation Process**. Ohio, US: The Ohio State University, 2008.

SEIDEL, J. C.; HADDOCK, J. E. Soy fatty acids as sustainable modifier for asphalt binders. Alternative binders for sustainable asphalt pavements. **Transportation Research Circulars - Alternative Binders for Sustainable Asphalt Pavement**. Washington, D.C. p. 15-22. 2012.

SONG, W.; HUANG, B.; SHU, X. Influence of warm-mix asphalt technology and rejuvenator on performance of asphalt mixtures containing 50% reclaimed asphalt pavement. **Journal of Cleaner Production**, v. 192, p.191-198, 2018.

SUSANTO, W. M.; et al. Influence of Amount of Reclaimed Asphalt Pavement and Asphalt Using Warm Mix Asphalt Method on Asphalt Concrete Wearing Course. **AIP Conference Proceedings**, v. 2114, 2019.

ZAUMANIS, M.; et al. 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.