XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8355

Análise da contribuição de práticas de gestão para o desempenho resiliente em obra de infraestrutura rodoviária

Analysis of the contribution of management practices to resilient performance in a road infrastructure project

Hugo Sefrian Peinado
UFBA | Salvador | Brasil | hugospeinado@gmail.com
Vanessa Cruz Pacheco
UFBA | Salvador | Brasil | vanessa_cruz_pacheco@hotmail.com
Rafaela Oliveira Rey
UFBA | Salvador | Brasil | rafaelarey2@gmail.com
Dayana Bastos Costa
UFBA | Salvador | Brasil | dayanabcosta@ufba.br

Resumo

Diversas práticas de produção e de segurança podem contribuir para o desempenho resiliente da construção, embora essas contribuições muitas vezes não sejam evidentes. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo identificar como as práticas adotadas em uma obra de infraestrutura rodoviária contribuem para o desempenho resiliente à luz dos princípios do Projeto para o Desempenho Resiliente (PpDR), além de propor recomendações para seu aperfeiçoamento. Para isso, foi conduzido um estudo em um empreendimento rodoviário, envolvendo observação não participante, análise documental e entrevistas semiestruturadas. Foram identificadas 18 práticas, majoritariamente relacionadas à segurança, com média de aproximadamente dois princípios por prática, destacando-se o maior alinhamento à visibilidade das variações de desempenho. Como contribuição, o estudo evidencia fontes ocultas de resiliência em práticas existentes em uma obra de infraestrutura e reforça o uso dos princípios de PpDR como lente analítica para identificá-las e aperfeiçoá-las.

Palavras-chave: Resiliência. Complexidade. Canteiro de obras. Produção. Segurança.

Abstract

Several production and safety practices may contribute to resilient performance in construction, although these contributions are often not explicit. This paper aims to identify how practices adopted in a road infrastructure project contribute to resilient performance in line with the Design for Resilient Performance (DfRP) principles, and to propose recommendations for their improvement. A study was conducted in a road project, involving non-participant observation, document analysis, and semi-structured interviews. A total of 18 practices were identified, mostly related to safety, with an average of approximately two principles per practice and greater alignment with making performance variability visible. As a contribution, the study reveals hidden sources of resilience within existing practices in an infrastructure project and reinforces the use of DfRP principles as an analytical lens for identifying and improving them.

Keywords: Resilience. Complexity. Construction site. Production. Safety.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8355

INTRODUÇÃO

O desempenho resiliente é uma propriedade funcional intrínseca, em certa medida, aos sistemas sociotécnicos complexos (SSC) [1], como os empreendimentos de construção. Essa propriedade previne o colapso desses sistemas por meio de quatro habilidades: antecipar, monitorar, responder e aprender a partir de mudanças ou perturbações [2].

Embora o desempenho resiliente resulte, em algum nível, da auto-organização de SSC, confiar exclusivamente nessa fonte é arriscado e potencialmente antiético, pois tende a se manifestar predominantemente no nível individual, muitas vezes à custa de sobrecarga de trabalho e *burnout* [3,4]. Essa propriedade funcional pode ser apoiada ou prejudicada pelo projeto do sistema [5]. Nesse contexto, foi proposto o conceito de Projeto para o Desempenho Resiliente (PpDR), definido como o uso de princípios de projeto para apoiar capacidades adaptativas integradas (humanas, técnicas e organizacionais) [6]. Os princípios de PpDR trazem contribuições de natureza prescritiva, que podem contribuir para a resiliência de SSC [6].

Como o desempenho resiliente não é comumente o objetivo primário das organizações, as fontes que o sustentam costumam ser ocultas, incorporadas a práticas voltadas a outras dimensões, como a produção, a segurança e a qualidade [7]. Nesse sentido, os princípios de PpDR podem constituir uma lente analítica para evidenciar como práticas existentes na construção, originalmente voltadas a outras dimensões, podem contribuir para a resiliência do sistema. Estudos anteriores, no contexto da construção, analisaram o alinhamento de práticas aos princípios de PpDR na construção de edificações [7,8] e em obras de reforma [9]. No entanto, as obras de infraestrutura rodoviária não foram objeto de análise, o que constitui uma lacuna a ser explorada.

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo identificar práticas de gestão adotadas em uma obra de infraestrutura rodoviária, originalmente voltadas às dimensões de produção e segurança, e analisar como essas práticas contribuem para o desempenho resiliente à luz dos princípios de PpDR. Além disso, busca-se propor pontos de melhoria nas práticas, com base nesses princípios, para aperfeiçoar suas contribuições e visando a um desempenho resiliente. Como contribuição, o estudo identifica fontes adicionais e frequentemente ocultas de resiliência em uma obra de infraestrutura, evidenciando como práticas de produção e de segurança podem dar suporte ao desempenho resiliente. Ao dar visibilidade a essas contribuições, permite-se avaliar sua aderência aos princípios de PpDR e apoiar a identificação de potenciais aperfeiçoamentos voltados ao desempenho resiliente.

REVISÃO DA LITERATURA

Os princípios de PpDR são apresentados no Quadro 1, propostos no estudo de [6], resultantes de um estudo Delphi envolvendo 27 especialistas de nove países.

Quadro 1: Princípios de PpDR

Princípio	Descrição
(P1) Deve haver modelos funcionais do sistema	O funcionamento do sistema, em condições normais e degradadas, deve ser explicitamente modelado para garantir uma compreensão articulada, incluindo interações com o ambiente externo, e disponibilizado à equipe de projeto.
(P2) Tornar visíveis as variações no desempenho	As variações no desempenho são inevitáveis em sistemas complexos; sua coleta e compartilhamento em tempo real são essenciais para compreendê-las.
(P3) Utilizar o tipo de padronização que melhor se ajusta à natureza da função	A padronização pode variar de processos rigidamente definidos a abordagens orientadas a objetivos, podendo coexistir diferentes níveis de detalhamento e especificação entre as funções.
(P4) Projetar recursos e estratégias de folga	Recursos de folga (por exemplo, equipamentos, tempo, dinheiro) apoiam a adaptação e reduzem a propagação da variabilidade, mas podem aumentar a complexidade; sua eficácia depende das estratégias de uso, como a redundância e a reciprocidade.
(P5) Projetar para desempenho aceitável mesmo sob condições degradadas	O projeto deve assegurar a manutenção de um desempenho aceitável, preservando objetivos de ordem superior, inclusive em condições degradadas.
(P6) O projeto deve envolver o aproveitamento de múltiplas perspectivas	O projeto deve considerar múltiplas perspectivas e garantir mecanismos de participação no sistema, equilibrando a diversidade de visões e os custos de coordenação com um suporte organizacional adequado.
(P7) Projetar para apoiar a aprendizagem contínua em nível individual e organizacional	O projeto deve favorecer a aprendizagem contínua a partir de todas as operações, apoiando mecanismos como treinamentos e análises de eventos, considerando a singularidade dos sistemas complexos.

Princípios são orientações abstratas e de alto nível para os projetistas do sistema; as práticas são processos gerenciais e ferramentas que operacionalizam os princípios e, obrigatoriamente, envolvem um componente humano [4]. Estudos anteriores sobre a construção de edificações analisaram o alinhamento entre diferentes práticas de gestão e os princípios de PpDR. Os diálogos diários de segurança foram analisados, e identificou-se que, no contexto estudado, essa prática se alinhou aos sete princípios [8]. Foram identificadas 25 práticas de planejamento e controle da produção, das quais o planejamento hierárquico (envolvendo os níveis de longo, médio e curto prazo) foi o que se alinhou ao maior número de princípios, atendendo simultaneamente aos sete [9]. Em um empreendimento residencial, foram identificadas 16 práticas, destacando-se os diálogos de segurança como a prática com maior abrangência ao se alinhar a cinco princípios, seguida pelas reuniões de coordenação semanais e diárias, alinhadas a quatro princípios cada [7].

MÉTODO

Para essa pesquisa, conduziu-se um estudo empírico em uma obra de infraestrutura rodoviária de grande porte. A obra está localizada na Via Dutra (BR-116), no estado do Rio de Janeiro. O empreendimento compreende um trecho de 16 km (8 km por sentido) e envolve a execução de 93 contenções e 24 obras de arte especiais. A gestão do empreendimento envolve a colaboração entre duas organizações principais: a Empresa A, uma das maiores concessionárias da América Latina que atua como contratante, e a Empresa B, uma construtora com mais de 20 anos de experiência no setor de infraestrutura, responsável pela execução das obras.

As práticas relacionadas à produção e à segurança na construção foram identificadas a partir da coleta de dados com o apoio da empresa A no período de janeiro a março de 2026, que envolveu observação não participante, consulta a documentos (como planejamento de longo prazo, relatórios semanais, planilhas de medição, manual de sinalização temporária e permissões de trabalho) e entrevistas semiestruturadas com os respectivos profissionais: gerente de engenharia, engenheira de planejamento, analista de engenharia, gerente de sistema de gestão integrada (SGI), engenheiro de segurança, dois técnicos de segurança da Empresa A, e o engenheiro de planejamento da Empresa B. As transcrições das entrevistas, anotações e documentos foram submetidos a uma análise temática dedutiva [10], utilizando os princípios de PpDR como temas pré-definidos, a fim de identificar as práticas e seu alinhamento a esses princípios. Foi também selecionada uma prática que, embora tenha apresentado baixo alinhamento aos princípios no contexto analisado, é apontada na literatura como tendo potencial de alinhamento aos sete princípios. A partir dela, foram elaboradas recomendações para seu aprimoramento à luz dos princípios de PpDR.

RESULTADOS E ANÁLISES

O Quadro 2 apresenta as práticas identificadas, seus objetivos principais e os princípios de PpDR alinhados a cada uma delas.

Quadro 2: Práticas e seu alinhamento com os princípios de PpDR

Prática	Descrição	OP	Princípios de PpDR							T
			1	2	3	4	5	6	7	
Planejamento de Longo Prazo (Linha de Base)	Estabelecimento, pela contratante, da linha de base de desempenho para nortear a execução e os prazos, com a participação da contratada. Atua como um modelo funcional (*as-planned*) da obra rodoviária.	P	X		X			X		3
Atualização do Cronograma de Longo Prazo	Revisão periódica (geralmente semanal) do plano mestre pela contratada, com base nos resultados reais da produção. Possibilita o aprendizado individual e organizacional por meio do ajuste do plano à realidade. Por haver muitas atividades, é comum ocorrer atraso no compartilhamento do planejamento atualizado.	P		X					X	2
Reunião de planejamento semanal	Reunião entre as equipes de produção, segurança, qualidade e planejamento da contratada e da contratante para a apresentação e discussão dos resultados da semana anterior e do plano de trabalho da semana corrente, resultando na atualização do planejamento. Não há acompanhamento formal da causa do descumprimento das metas.	S/P	X	X	X			X		4
Reunião de Planejamento Mensal relacionada à segurança	Definição prévia de regiões de análise, metas e indicadores de desempenho a serem monitorados. Essa prática permite articular o funcionamento do sistema em horizontes amplos e envolver grupos distintos na avaliação de desempenho.	S	X	X	X			X		4
Reunião Trimestral de Indicadores	Análise de metas globais e de taxas de incidentes, com foco em dados comparativos de até três anos anteriores. Essa prática dá visibilidade a indicadores de desempenho reativos e promove a análise de metas alcançadas e futuras no aprendizado organizacional.	S		X					X	2
Integração e "Coffee Inicial"	Encontro inicial para apresentação de diretrizes, responsabilidades e medidas de segurança para as áreas de produção, qualidade e segurança na obra.	S/P	X					X		2
Manual de Sinalização Temporária	Guia para padronização de procedimentos de implantação e remoção de sinalização. Esse recurso descreve explicitamente o funcionamento esperado da sinalização de segurança no ambiente de trabalho.	S	X		X					2
Manutenção Preventiva	Para evitar a paralisação das atividades devido a problemas com os equipamentos, a empresa adota manutenção preventiva.	S		X						1
Auditorias de Segurança	Aplicação de três níveis de verificação voltados à identificação de desvios e à promoção de melhorias nas condições de segurança: foco no comportamento, inspeção oportunística e remota, com uso de drones para monitoramento semanal de trechos específicos.	S		X					X	2
Redundância de supervisão da segurança	Contratação de técnicos de segurança terceirizados, em paralelo à equipe própria da construtora, constituindo uma estratégia de folga humana e de redundância de competência.	S				X		X		2
Monitoramento Digital e Software Expert Suite 2.0	Uso de dispositivos móveis para registro fotográfico de não conformidades e, com menor frequência, de boas práticas em campo.	S		X					X	2
Monitoramento via drones e nuvem de pontos	Uso de fotogrametria para a visualização do progresso físico e a geração de modelos 3D da obra. Busca dar visibilidade às variações no desempenho físico (*as-built*), embora ainda de forma fragmentada.	P		X						1

Quadro 2: Práticas e seu alinhamento com os princípios de PpDR (conclusão)

Prática	Descrição	OP	Princípios de PpDR							T
			1	2	3	4	5	6	7	
Câmera com sistema de visão computacional embarcado no pátio	Câmera para identificação automatizada de desvios no uso de EPI e uso de celular. Permite capturar e compartilhar, em tempo hábil, informações sobre variações no desempenho de segurança.	S		X						1
Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e Assédio (CIPA)	Reuniões mensais com trabalhadores para discutir a prevenção de acidentes e doenças, bem como o combate ao assédio.	S						X		1
Diálogo de segurança	Divulgação de campanhas e de experiências de acidentes, com a participação dos trabalhadores, incentivados a contribuir. Além de promover a participação de todos os envolvidos, fomenta o aprendizado individual e coletivo por meio de casos reais.	S						X	X	2
Avaliação de Área e Paralisação por Chuva	Protocolo de análise das condições climáticas para reorientar as atividades de campo para o pátio e interromper atividades em casos de chuva, para garantia da qualidade do produto (ex.: atividades de concretagem)	S/P	X		X		X			3
Permissão de Trabalho (PT) e APR	Liberação de atividades críticas verificando qualificações e condições locais. Essas práticas exigem a modelagem prévia da tarefa/risco e determinam quem decide e sob quais critérios.	S	X	X	X					3
Caixa de Sugestões e Indicadores	Registro de sugestões e incidentes com apresentação mensal de indicadores. Possibilita a participação dos trabalhadores e o uso de indicadores para aprendizado e consolidação de informações para a gerência	S		X				X	X	3
	Somatório		7	11	6	1	1	8	6	2,2

Nota: OP – Objetivo primário da prática; S – Segurança; P – Produção; T – Total de princípios atendidos na prática analisada.

Foram identificadas 18 práticas alinhadas aos princípios de PpDR na obra em análise, sendo 12 voltadas à segurança, três à produção e três à segurança e à produção. Os princípios mais observados entre as práticas foram ‘Tornar visíveis as variações no desempenho’ (associado a 11 práticas) e ‘O projeto deve envolver o aproveitamento de múltiplas perspectivas’ (associado a 8 práticas), enquanto os menos observados foram ‘Projetar recursos e estratégias de folga’ e ‘Projetar para desempenho aceitável mesmo sob condições degradadas’, ambos associados a uma prática. As práticas mais alinhadas aos princípios foram ‘reunião de planejamento semanal’ e ‘reunião de planejamento mensal relacionada à segurança’, ambas alinhadas a quatro princípios.

A introdução de tecnologias de automação e de extração de dados visuais, como o monitoramento com drones e a visão computacional, favorece a resiliência do sistema ao operacionalizar, com maior frequência, o princípio de tornar visíveis as variações no desempenho (P2). No estudo empírico, o uso de drones para fotogrametria permitiu a geração de nuvens de pontos que servem como modelos *as-built*, facilitando a comparação automatizada com o planejamento e reduzindo a subjetividade das medições manuais, que são lentas e propensas a erros. Além disso, a implementação de câmeras com visão computacional no pátio de pré-fabricados

exemplifica como a captura de dados permite a detecção de desvios de segurança em tempo hábil, como o uso incorreto de EPIs, o que dá suporte à capacidade de resposta do sistema antes que essas falhas se propaguem.

Algumas recomendações para aperfeiçoar a contribuição ao desempenho resiliente das práticas são apresentadas no Quadro 3. Para isso, foi selecionada a prática 'Diálogo de segurança'. Foram propostas recomendações alinhadas a todos os princípios de PpDR, mesmo que alguns desses princípios já sejam, de alguma forma, observados na prática analisada.

Quadro 3: Recomendações de aperfeiçoamento de prática à luz dos princípios de PpDR

Prática	Recomendações de aperfeiçoamento
Diálogo de segurança	(P1) comparar os modelos funcionais formais (trabalho imaginado) com a realidade operacional (trabalho realizado), integrando as adaptações bem-sucedidas aos procedimentos de segurança; (P2) apresentar indicadores proativos de segurança e variações detectadas por monitoramento digital para tornar visíveis riscos potenciais; (P3) analisar as tarefas a serem realizadas e, quando possível, transicionar de *checklists* de ação rígidos para protocolos orientados a objetivos, permitindo que as equipes definam os meios seguros de execução com base em sua expertise e na complexidade das tarefas; (P4) formalizar estratégias de ajuda mútua e reciprocidade (folga social) entre unidades com capacidade adaptativa saturada; (P5) abordar protocolos de priorização de segurança e interrupção gradual de tarefas sob condições degradadas (chuvas ou visibilidade reduzida); (P6) incentivar a participação ativa de subempreiteiros e trabalhadores próprios na proposição de métodos executivos alternativos; (P7) discutir casos de operações bem-sucedidas para o registro de aprendizados.

DISCUSSÕES

A partir das práticas identificadas, observou-se uma média de aproximadamente dois princípios por prática, o que indica um número significativamente baixo e reflete uma contribuição reduzida dessas práticas para o desempenho resiliente da construção. Como exemplo, os diálogos de segurança já foram identificados na literatura como alinhados a todos os princípios de PpDR [8] e a cinco deles [7], enquanto, neste estudo, a mesma prática foi identificada como alinhada a apenas dois princípios. Essa diferença sugere que a mesma prática pode incorporar diferentes princípios de PpDR, dependendo de como é projetada e implementada. Essa análise reforça a importância de adotar os princípios de PpDR na elaboração ou no redesenho das práticas, ampliando sua contribuição para o desempenho resiliente do sistema.

A preparação para um desempenho aceitável em condições degradadas, que foi um dos princípios menos observados nas práticas analisadas, é significativamente importante em obras de infraestrutura rodoviária, dada a sua exposição contínua a incertezas climáticas, como chuvas intensas, ou mesmo falhas no abastecimento de suprimentos [11]. Neste estudo, a identificação de apenas uma prática alinhada a esse princípio sugere que o desempenho resiliente em condições degradadas pode depender excessivamente da auto-organização e do improviso das equipes em campo, o que aumenta o risco de atrasos, custos excedentes e falhas de segurança.

O uso de recursos e estratégias de folga também foi observado em apenas uma prática. A adoção de recursos e estratégias de folga é importante para amortecer a propagação

de variabilidades e sustentar a adaptação do sistema [12]. A baixa implementação do projeto deliberado de folgas indica que fontes de resiliência relacionadas a essas folgas podem ainda estar ocultas nas rotinas de produção ou de segurança ou, de fato, não existir. Portanto, a formalização de estratégias, envolvendo, por exemplo, ajuda mútua e redundância de competências, deve integrar essas práticas para reduzir o custo humano da resiliência [3,4], evitando que o desempenho dependa exclusivamente do sacrifício individual dos trabalhadores.

Os princípios de PpDR mostraram-se adequados para identificar como diferentes práticas adotadas na construção da obra de infraestrutura rodoviária contribuíram para o desempenho resiliente, como já constatado em estudos envolvendo obras de edificações [7,8,9].

CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que 18 práticas relacionadas à produção e à segurança na obra de infraestrutura rodoviária analisada atuam, em algum nível, como fontes de resiliência. Ao tornar visíveis essas fontes, por meio da lente dos princípios de PpDR, o estudo amplia a compreensão de como essa obra lida com ameaças e oportunidades em ambientes complexos. A investigação sustenta o uso dos princípios de PpDR como lente analítica para identificar e reinterpretar práticas de gestão da construção que contribuem para o desempenho resiliente. Os resultados evidenciam como esses princípios permitem revelar práticas frequentemente implícitas ou negligenciadas, além de orientar a elaboração de recomendações para o aperfeiçoamento dessas práticas, com vistas ao aumento da adaptabilidade em ambientes complexos.

Como limitação, este estudo baseou-se em uma única obra de infraestrutura rodoviária. Assim, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a análise a outros canteiros de obras e a outras frentes de trabalho, a fim de identificar novas fontes de resiliência. Além disso, não houve a implementação das recomendações de aperfeiçoamento propostas, o que constitui uma oportunidade para pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. À FAPESB pela concessão de bolsa de doutorado à segunda autora. Ao CNPq pela concessão de recursos financeiros (Projeto 403939/2025-9). À empresa Motiva pelo apoio financeiro.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou a ferramenta Grammarly (versão 1.2.273.1915) para revisão gramatical do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C. P. From resilience engineering to resilient performance. In: NEMETH, C. P.; HOLLNAGEL, E. (ed.). **Advancing resilient performance**. Cham: Springer, 2022. p. 1–9.

[2] HOLLNAGEL, E. **Safety-II in practice: developing the resilience potentials**. London: Routledge, 2018.

[3] BERGSTRÖM, J.; VAN WINSEN, R.; HENRIQSON, E. On the rationale of resilience in the domain of safety: a literature review. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 141, p. 131–141, 2015.

[4] DISCONZI, C. M. D. G.; SAURIN, T. A. Principles and practices of designing for resilient performance: an assessment framework. **Applied Ergonomics**, v. 114, 104141, 2024.

[5] PATRIARCA, R.; BERGSTRÖM, J.; DI GRAVIO, G.; COSTANTINO, F. Resilience engineering: current status of the research and future challenges. **Safety Science**, v. 102, p. 79–100, 2018.

[6] DISCONZI, C. M. D. G.; SAURIN, T. A. Design for resilient performance: concept and principles. **Applied Ergonomics**, v. 101, 103707, 2022.

[7] PEINADO, H. S.; COSTA, D. B.; SAURIN, T. A. Finding hidden sources of resilience in construction projects. In: JOINT 11TH Biennial Symposium of the Resilience Engineering Association And 14th Annual Resilient Health Care Society Meeting, 2025, Canela, RS, Brazil. **Anais [...]**, 2025.

[8] DISCONZI, C. G.; SAURIN, T. A.; KONGSVIK, T. Design for resilient performance: a study of toolbox talks in construction. In: SYMPOSIUM ON RESILIENCE ENGINEERING, 10., 2023. **Anais [...]**, 2023. p. 1–8.

[9] HAMERSKI, D. C.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. The contributions of the Last Planner System to resilient performance in construction projects. **Construction Management and Economics**, v. 42, n. 4, p. 328–345, 2024.

[10] POPE, C.; ZIEBLAND, S.; MAYS, N. Qualitative research in healthcare: analysing qualitative data. **BMJ**, v. 320, n. 7227, p. 114–116, 2000.

[11] MIRZA, E.; EHSAN, N. Quantification of project execution complexity and its effect on performance of infrastructure development projects. **Engineering Management Journal**, v. 29, n. 2, p. 108–123, 2017.

[12] FIREMAN, M. C. T.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; KOSKELA, L.; TOMMELEIN, I. D. Slack in production planning and control: a study in the construction industry. **Construction Management and Economics**, v. 41, n. 3, p. 256–276, 2023.