



GERENCIAMENTO DE RISCOS EM CONSTRUÇÃO DE LINHA DE TRANSMISSÃO DE 500/345kV: ESTUDO DE CASO

RISK MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION OF A 500/345KV TRANSMISSION LINE: A CASA STUDY

Amanda dos Santos Formaggini Guimarães*  E-mail: amandaformaggini@id.uff.br
Vanessa Aparecida de Sá Machado**  E-mail: vanessa.machado@aluno.cefet-rj.br
Christian Augusto Guimarães Vargas Carneiro**  E-mail: christianvargas@id.uff.br

*Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, RJ, Brasil.

**Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo: O desenvolvimento de um país está relacionado à demanda por energia elétrica e as fontes disponíveis para a geração de energia que formam a matriz elétrica do país. Nesse processo é necessária uma infraestrutura robusta que consiga transportar desde a usina até o consumidor final, havendo muitos riscos atrelados a cada etapa da construção. O objetivo deste estudo foi avaliar o processo de gerenciamento de riscos na construção de linhas de transmissão de 500/345kV combinando abordagens qualitativas e quantitativas, pesquisa bibliográfica, documentos do projeto para identificação da categorização dos riscos e do plano de resposta, e uma análise de dados da simulação de Monte Carlo para as atividades do caminho crítico do cronograma. Foram categorizados os riscos de acordo com seu grau de probabilidade e impacto. Pode-se observar que o gerenciamento de riscos foi eficaz e que a simulação demonstrou probabilidades compatíveis com a realidade. Como resultado, foram propostos os planos de resposta para os riscos identificados, além de serem documentadas as lições aprendidas ao fim do projeto.

Palavras-chave: Gerenciamento de riscos. Simulação Monte Carlo. Linhas de Transmissão. Setor Elétrico.

Abstract: The development of a country is closely linked to the demand for electricity and the available energy sources that constitute its energy matrix. In this process, a robust infrastructure is required to transport energy from the power plant to the end consumer, with numerous risks associated with each stage of construction. The objective of this study was to evaluate the risk management process in the construction of 500/345kV transmission lines by combining qualitative and quantitative approaches, literature review, project documents to identify risk categorization and response plans, and data analysis using Monte Carlo simulation for critical path activities in the schedule. Risks were categorized based on their probability and impact levels. It was observed that the risk management process was effective, and the simulation demonstrated probabilities aligned with reality. As a result, response plans were proposed for the identified risks, and lessons learned were documented at the end of the project.

Keywords: Risk Management. Monte Carlo Simulation. Transmission Lines. Electric Power Sector.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país está relacionado à demanda por energia elétrica e as fontes disponíveis para a geração de energia formam a matriz elétrica do país. A geração de energia mundial é realizada principalmente por usinas termelétricas, usando o carvão, o óleo e o gás natural como combustível, enquanto no Brasil 83% da matriz elétrica é formada por fontes renováveis, contra 29% no mundo. Nesse contexto podem ser citadas as hidrelétricas, as eólicas, os solares, as de biomassa, tendo destaque as hidrelétricas respondendo por 56,8% da geração de energia no Brasil (EPE, 2022). Embora também haja impacto ambiental, as hidrelétricas geram energia através de água corrente, sem reduzir sua quantidade para gerar eletricidade e por isso ela é enquadrada no conceito de fonte de energia renovável (ITAIPI, 2022).

Para a energia elétrica chegar ao consumidor, é necessária uma infraestrutura que consiga transportar desde a usina até o consumidor final. A energia gerada na usina é escoada através de Linhas de Transmissão (LTs) até uma rede de distribuição para enfim chegar ao consumidor final (Furnas, 2022). No Brasil a malha de transmissão é interligada e juntamente com as usinas constitui o Sistema Interligado Nacional (SIN). O órgão responsável por coordenar e controlar as operações da geração e da transmissão de energia elétrica no SIN é o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (ONS, 2022). A construção de uma linha de transmissão engloba muitas etapas e áreas de atuação, tais como: licenciamento ambiental, regularização fundiária, projeto de engenharia, fornecimento de materiais e equipamentos, montagem das estruturas das torres, compartilhamento das instalações com outras transmissoras de energia (ANEEL, 2015).

Acompanhando o desenvolvimento do país e a demanda por energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) promove leilões de Linhas de Transmissão geralmente duas vezes por ano. No edital do leilão, a ANEEL divulga a data máxima para energização da linha. A empresa que arrematar o lote para construção deverá construir a LT com a data limite para energização indicada no edital do leilão ou prever uma antecipação (ANEEL, 2015).

Em cada atividade e etapa de construção há muitos riscos atrelados com graus de probabilidade e impacto diferentes. Desde riscos ligados à saúde e

segurança dos trabalhadores até atrasos na montagem das torres, impactando a data de energização da linha e o custo total do empreendimento e todos esses riscos são acompanhados pelo especialista em riscos do projeto e pelo gerente do contrato (Arruda et al., 2017). Portanto, o estudo tem como objetivo identificar e categorizar os riscos de acordo com seu grau de probabilidade e impacto; apresentar o plano de resposta aos riscos identificados; propor uma análise de dados através da simulação de Monte Carlo e documentar as lições aprendidas ao fim do projeto.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos para analisar o gerenciamento de riscos na construção de linhas de transmissão de 500/345kV.

Para fundamentação teórica, realizou-se uma revisão da literatura sobre gerenciamento de riscos, métodos de análise de riscos e construção de linhas de transmissão. Foram consultadas normativas da ANEEL, ONS e IBAMA, além de estudos acadêmicos e técnicos sobre o tema.

Foram utilizados documentos técnicos do projeto, incluindo cronogramas, mapas de riscos, relatórios de engenharia e planos de mitigação de riscos. A estrutura analítica do projeto (EAP) foi analisada para identificação das atividades críticas.

Os riscos foram identificados e categorizados conforme seu grau de probabilidade e impacto. Foi utilizada uma matriz de risco para classificar os riscos em baixo, médio e alto impacto. Para cada risco identificado, foram desenvolvidas estratégias de mitigação e planos de ação. Esses planos consideraram fatores como impactos ambientais, atrasos no cronograma, custos adicionais e segurança dos trabalhadores.

A modelagem probabilística foi aplicada por meio do software *RiskyProject Lite*, que utilizou a simulação de Monte Carlo para prever possíveis cenários de atraso e impacto financeiro do projeto. Os seguintes passos foram seguidos: associação dos riscos às atividades do cronograma, definição de pesos e variáveis probabilísticas para os riscos, simulação de milhares de cenários para estimar

impactos e comparação de cenários antes e após a aplicação dos planos de mitigação.

Os resultados das simulações foram comparados às datas reais de energização da linha de transmissão. Foram analisadas as discrepâncias entre as previsões e a realidade do projeto, bem como os impactos das ações mitigadoras na redução de riscos.

Ao término do estudo, foram documentadas as lições aprendidas com foco na melhoria de futuros projetos de construção de linhas de transmissão.

3 DESENVOLVIMENTO

A seguir o desenvolvimento desse estudo.

3.1 A identificação dos riscos durante as fases do projeto

Um risco mapeado como de baixa probabilidade e impacto no início, pode receber uma classificação, numa fase mais avançada do projeto, com alta probabilidade de ocorrer e/ou ser também considerado de alto impacto caso ocorra.

Sendo assim, para cada área serão mostrados exemplos de riscos com o impacto “Alto”. No Quadro 1 apresenta-se a matriz com valores de pontuação arbitrados, além do grau e nível de risco.

Quadro 1 - Matriz de Ranking

Probabilidade			Nível de Risco				
		Valores	0,05	0,10	0,20	0,60	0,80
Quase certo	90% e maior	0,90	0,05	0,09	0,18	0,54	0,72
Muito provável	Maior igual a 70% e menor que 90%	0,70	0,04	0,07	0,14	0,42	0,56
Possível	Maior igual a 50% e menor que 70%	0,50	0,03	0,05	0,10	0,30	0,40
Improvável	Maior igual a 10% e menor que 50%	0,30	0,02	0,03	0,06	0,18	0,24

Probabilidade			Nível de Risco				
Raro	Menor que 10%	0,10	0,005	0,01	0,02	0,06	0,08

Fonte: Adaptado do Mapa de Riscos PMO (2019).

Quadro 2 – Grau e Nível de Risco

Grau de risco	Nível de risco	Diretrizes da matriz de risco
0,18 a 0,72	(A) - Alto	Um risco alto existe onde os objetivos do projeto podem não ser atingidos. Estratégia e planos de ação a serem elaborados imediatamente.
0,06 a 0,14	(M) - Médio	Um risco moderado existe onde os objetivos do projeto podem não ser atingidos. Estratégia apropriada de resposta ao risco a ser elaborada como parte normal do gerenciamento desse processo.
0,005 a 0,05	(B) - Baixo	Um risco baixo existe onde os objetivos do projeto podem não ser atingidos. Monitorar risco. Sem necessidade de plano de resposta.

Fonte: Adaptado do Mapa de Riscos PMO (2019).

Os números indicados na coluna “Valores” foram arbitrados e nas colunas seguintes conforme fórmula exemplificada a seguir: $0,05 = 0,90 * 0,05$. Outro exemplo $0,09 = 0,90 * 0,10$.

1.1 3.2 Etapas de Construção de Linha de Transmissão

As etapas para a construção de linhas de transmissão no Brasil foram divididas em: Licenciamento Ambiental, Regularização Fundiária, Projeto de Engenharia, Acesso às Instalações de Outras Transmissoras, Fornecimento de Materiais e Equipamentos, Obra.

1.2 3.2.1 Licenciamento Ambiental

Devido a construção de uma linha de transmissão causar impactos ambientais de diferentes níveis, faz-se necessário que a transmissora ganhadora do leilão da ANEEL se sujeite a um processo administrativo de licenciamento ambiental

conforme a Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011 e o Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015. (IBAMA, 2025)

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), licenças ambientais são atos administrativos em que órgãos ambientais estabelecem condições que devem ser atendidas pelo empreendedor. São emitidas as licenças indicadas para a implantação de uma linha de transmissão. (IBAMA, 2025).

A Licença Prévia (LP) é concedida na fase inicial do empreendimento aprovando sua localização e concepção, atestando sua viabilidade ambiental e definindo as condicionantes para sua implementação. A Licença de Instalação (LI) autoriza a instalação do empreendimento de acordo com os planos, programas e projetos aprovados, inclusive o atendimento às condicionantes. A Licença de Operação (LO) autoriza a atividade ou o empreendimento de acordo com o controle ambiental e o acompanhamento das condicionantes. A Autorização de Supressão Vegetal (ASV) autoriza a supressão vegetal nativa para a instalação do projeto licenciado. A Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) autoriza o manejo de fauna durante a fase prévia, de instalação ou de operação do projeto licenciado.

As licenças e autorizações citadas tem sua emissão realizada sem prejudicar quaisquer outros atos autorizativos definidos em regulamentos complementares (IBAMA, 2025).

3.2.2 Regularização Fundiária

A regularização fundiária trata da aquisição das terras onde a linha de transmissão será implantada. A transmissora ganhadora do lote deverá sempre priorizar a forma amigável nas tratativas com os proprietários visando a liberação das áreas necessárias para a instalação da linha (ANEEL, 2015). No processo de regularização fundiária desse empreendimento foram atingidos 18 municípios e liberadas aproximadamente 1000 propriedades. A liberação das terras foi feita conforme o processo descrito:

- Estudo do Traçado: foi feito um estudo entre as equipes do fundiário, meio ambiente e engenharia a fim de definir a melhor rota para implantação da linha evitando reservas florestais, áreas povoadas, quilombolas, cavernas, tribos indígenas e mais outros fatores técnicos.
- Cadastro Fundiário: após a definição do traçado, foi solicitada a documentação de todos os proprietários e suas respectivas propriedades para então requerer a autorização de passagem para o início dos trabalhos. O levantamento topográfico das divisas das propriedades foi realizado nessa etapa conforme a NBR 13.133 e feita a planta e o memorial descritivo para cada propriedade atingida.
- Cadastro Físico: nesse ponto foram inventariadas as terras e as benfeitorias a serem indenizadas e obtidos os “de acordo” dos proprietários para os trabalhos que passavam por sua propriedade.
- Pesquisa de Preços: a pesquisa de preços foi realizada conforme a NBR 14.653, e a partir de então, elaborados os cadernos de preços. Nele foi indicado o valor de cada propriedade a ser indenizada.
- DUP (Declaração de Utilidade Pública): Declara que um determinado objeto é necessário para a prestação de um serviço público. O órgão competente para declarar a utilidade pública das terras onde será implantada a linha de transmissão é a ANEEL. Para esse projeto foi emitida uma DUP para cada trecho de linha.

Finalizadas todas as etapas do processo, a faixa de servidão teve sua escritura pública emitida permitindo o início das obras da linha de transmissão.

1.3 3.2.3 Projeto de Engenharia

Foram construídos 500km de linha de transmissão de 500/345kV em circuito simples e a ampliação de três subestações, a saber:

- Subestação A – 01 módulo de entrada de linha com reator 66MVAR e 02 módulos de reator de Barra de 50MVAR.
- Subestação B – 02 módulos de entrada de linha com reator de 66MVAR e 01 módulo de reator de Barra de 50MVAR.

- Subestação C – 01 módulo de entrada de linha com reator de 58,3MVAr.

Foram contratadas duas EPCistas (empresa que atua na modalidade de EPC), ambas pelo tipo de contratação “Turnkey” (chave na mão), em que EPC significa: “Engineering, Procurement and Construction”. Uma EPCista para as ampliações das subestações e uma EPCista para a construção das linhas de transmissão.

O projeto se inicia com a elaboração do projeto básico das instalações, visando obter sua aprovação pela ANEEL. Os Certificados de Conformidade (Certificado de Conformidade Conforme Projeto Básico - CCPB) emitidos pelo ONS são enviados para aprovação da ANEEL. Após a aprovação do projeto básico inicia-se o projeto executivo (ONS, 2025).

É durante o projeto executivo que são elaboradas as soluções de engenharia para cada atividade da obra, desde a sondagem do solo até o comissionamento.

3.2.4 Acesso às Instalações de Outras Transmissoras

As três subestações desse empreendimento pertencem a outras transmissoras de energia e o acesso foi regulado através de um CCI (Contrato de Compartilhamento das Instalações). O CCI tem seu modelo no edital do leilão de energia (ANEEL, 2015).

Durante as tratativas para a assinatura do contrato de compartilhamento, ocorre uma reunião de “kick-off”, momento em que a transmissora acessada, dona da subestação, apresenta o processo a ser seguido para acesso a sua subestação. Nesse momento é informado também se há outra transmissora realizando algum acesso à mesma subestação. Caso haja, essa informação já vai para o mapa de riscos do projeto, porque um acesso concomitante à SE existente pode impactar o prazo, tendo em vista a ordem para revisão, análise e aprovação dos documentos de engenharia. A transmissora acessante, nessa mesma reunião, apresenta o projeto novo e em que etapa ele está, informa as contratadas que farão o projeto e a obra, informa os principais fornecimentos, os prazos previstos, o orçamento considerado e a expectativa de antecipação da energização.

3.2.5 Fornecimento de Materiais e Equipamentos

No contrato da EPC de subestações foram fornecidos equipamentos de manobra, equipamentos instrumentos, equipamentos de serviços auxiliares além de para-raios e isoladores. Segue o detalhamento dos equipamentos:

- Equipamentos de manobra: disjuntores e chaves seccionadoras.
- Equipamentos instrumentos: transformadores de corrente e de potencial capacitivo.
- Equipamentos de serviços auxiliares: transformadores de serviços auxiliares, cubículo, grupo moto gerador, bateria, retificador e carregador de bateria, quadros de proteção alternada e contínua.

3.2.6 Obra

A fase de obra é quando enfim o projeto de engenharia e todo o planejamento começa a tomar vida e ser construído. Esta obra contou com mais de 1.200 colaboradores incluindo os profissionais das contratadas. Foram mais de 12.000t de estruturas metálicas em 1000 torres de transmissão entre estaiadas e autoportantes, mais de 30.000m³ de concreto, 12.500t de cabos condutores, 25 travessias sobre rodovias, ferrovias, rios e outras linhas de transmissão.

Seguem definições de termos técnicos citados:

- Torre estaiada: estrutura que dispõe de um mastro central (ou dois) equilibrado por 4 estais. São torres leves e que aguentam pouco esforço, sendo responsável apenas pelo apoio dos cabos condutores.
- Torre autoportante: são mais robustas e pesadas. São responsáveis por segurar a maior parte do esforço de uma LT.
- Cabo condutor: formado por vários condutores tem a finalidade de conduzir a corrente elétrica.

3.3 Riscos Associados às Etapas do Empreendimento

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Estão mantidos abaixo somente os riscos classificados como nível alto para exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 1 - Riscos Associados ao Licenciamento Ambiental

Descrição	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Morosidade na obtenção da ASV.	Possível	Alto	0,30	Alto
Atraso na liberação da LI.	Possível	Muito alto	0,40	Alto
Não emissão do relatório em atendimento ao parecer do IBAMA - Impacto na LO.	Muito Provável	Alto	0,50	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021).

A morosidade na obtenção da Autorização de Supressão Vegetal (ASV) se dá porque o órgão responsável, o Ibama, não tem um prazo máximo definido em lei para resposta aos solicitantes, ficando a critério do órgão o tempo de emissão da autorização. O impacto é muito alto porque sem a ASV não pode haver a supressão vegetal onde a obra deve acontecer e sem a supressão vegetal não há obra. Como plano de ação ficou manter alinhamento com equipe de engenharia/licenciamento da Contratada, manter política de proximidade junto ao IBAMA e estudar alterações de traçado.

A não liberação da Licença de Instalação tem o impacto muito alto porque atinge a todas as atividades do caminho crítico a partir dela. Sem a licença de instalação não pode haver nenhuma atividade de obra no trecho da linha. Adotou-se como plano de ação o monitoramento das solicitações do órgão; realizar pronta resposta às solicitações do órgão; relações institucionais.

O último risco com probabilidade possível/provável do licenciamento ambiental com alto impacto no empreendimento refere-se ao relatório que as contratadas devem emitir em resposta ao órgão para a obtenção da licença de operação, ou seja, o risco é não obter a licença de operação em caso de não comprovar o atendimento às condicionantes solicitadas pelo órgão licenciador. Esse risco teve como plano de ação acompanhar ações das contratadas para disponibilização das informações tempestivamente.

3.4 Riscos Associados à Regularização Fundiária

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Está mantido abaixo somente 1 risco classificado como nível alto para exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 2 - Riscos Associados à Regularização Fundiária

Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Contínuas alterações na definição do traçado, com impacto nas negociações, custos e embargos.	Possível	Alto	0,30	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021).

A alteração de traçado está classificada como de alto impacto porque o traçado é o caminho por onde a linha de transmissão vai ser construída. A alteração de traçado implica alteração das propriedades que serão atingidas com a passagem da LT, o que causa impacto nas negociações de indenizações, novos custos, impacto no prazo, e por todos esses motivos, o impacto é alto. Como plano de ação adotou-se acompanhamento semanal entre engenharia e meio ambiente e discussão para melhores decisões.

3.5 Riscos Associados ao Projeto de Engenharia

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Estão mantidos abaixo somente 1 risco classificado como nível alto para exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 3 - Riscos Associados ao Projeto de Engenharia

Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Usar projetos de engenharia com revisões superadas na obra.	Improvável	Alto	0,18	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021)

Embora com probabilidade improvável, os especialistas de cada área juntamente com o gerente do empreendimento fizeram forte gestão com as empresas contratadas e fiscalização como plano de ação para não ocorrência do risco de utilização de documento superado na obra.

3.6 Riscos Associados às Instalações de Outras Transmissoras

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Está mantido abaixo somente 1 risco classificado como nível alto para exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 4 - Riscos Associados ao Acesso a Outras Transmissoras

Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Necessidade de ampliação/modernização da proteção de barra.	Possível	Alto	0,30	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021).

A barra de uma subestação é um conjunto de barramentos elétricos interligados que são utilizados para transmitir energia elétrica de alta tensão para os equipamentos da subestação. O risco associado à ampliação/modernização da proteção de barras refere-se a situações que podem ocorrer durante esse processo. É possível que ocorram interrupções no fornecimento de energia durante as atividades de ampliação/modernização, o que pode afetar as atividades de consumidores que dependem da subestação. Pode haver também impacto na confiabilidade e a disponibilidade do sistema elétrico, uma vez que as alterações realizadas podem afetar o desempenho dos equipamentos. O especialista de SPCS acompanhou todo o projeto e a execução em campo até o momento da energização como plano de ação para não ocorrência desse risco.

3.7 Riscos Associados ao Fornecimento de Materiais e Equipamentos

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Estão mantidos abaixo alguns riscos classificados como nível alto para fins de exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 5 - Riscos Associados ao Fornecimento de Materiais e Equipamentos

Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Falha no Alinhamento técnico para o fornecimento do Reator.	Improvável	Alto	0,18	Alto
Equipamentos De Pátio - Alinhamento técnico falho para o fornecimento.	Improvável	Alto	0,18	Alto
Não cumprimento do prazo de fornecimento dos Reatores.	Possível	Muito alto	0,40	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021).

Somente o risco referente ao “não cumprimento do prazo de fornecimento de reatores” foi identificado como possível de ocorrer com impacto muito alto. Os reatores são usados em subestações para controlar o fluxo de energia elétrica na rede de transmissão. Eles aumentam ou diminuem a tensão e a corrente elétrica em um circuito, de acordo com as necessidades do sistema elétrico. A entrega dos reatores é uma atividade do caminho crítico por serem equipamentos grandes, de alto custo, que demandam um projeto de engenharia complexo e testes de fábrica rigorosos para garantir a qualidade e segurança desse equipamento. O risco da não entrega dos reatores no prazo pelos fornecedores tem impacto direto na data de energização da linha de transmissão porque as subestações desse projeto não poderiam entrar em operação sem os reatores. Houve como plano de ação reunião de alinhamento técnico envolvendo o fabricante com o dono do empreendimento para definição do escopo do fornecimento. Especialista de SPCS de frente nessa reunião.

3.8 Riscos Associados à Obra

Foram identificados riscos baixos, médios e altos para essa etapa. Estão mantidos abaixo alguns riscos classificados como nível alto para fins de exemplificação. Foram elaborados planos de ação para cada risco identificado.

Tabela 6 - Riscos Associados à Obra

Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Grau de Risco	Nível de Risco
Ocorrência de Acidente do Trabalho (sem afastamento/com afastamento/com óbito).	Possível	Alto	0,30	Alto
Recalque das Fundações. Não foi feita a sondagem em todos os pontos de torre. Risco de haver diferença entre o que foi estimado pela amostragem e o projeto.	Possível	Alto	0,30	Alto

Fonte: Mapa de Riscos PMO (2021).

Dois riscos foram identificados com a probabilidade de ocorrência possível e de impacto alto, sendo que um merece destaque devido sua relação com a vida do trabalhador. Em obra a filosofia de segurança precisa ser aderente à “acidente zero”. Na ocorrência de um acidente fatal, o impacto no empreendimento não se refere à cronograma ou custo, mas à vida de um colaborador. Por isso o plano de ação para esse risco é diário através do Diálogo Diário de Segurança (DDS), que acontece nos canteiros de obra, e através de diálogos semanais e mensais para toda a empresa.

Outro risco possível e de alto impacto é não ter sido feita a sondagem em todos os pontos onde serão alocadas as torres. O risco é o solo, onde serão feitas as fundações, ter características diferentes daquelas consideradas nas amostragens de sondagem e ser necessária alteração de projeto gerando atraso no empreendimento e aumento de custo. Aqui a ação foi aceitar a ocorrência do risco.

Os seguintes riscos ocorreram: “acidente de trabalho sem afastamento”; “acidente de trabalho com afastamento” e “recalque das fundações” em muitos pontos onde não foi feita a sondagem.

Sobre o recalque das fundações foram necessárias análises geotécnicas (sondagens) onde não havia sido feitas, levantamento topográfico, novos projetos, memórias de cálculo e procedimentos de execução. Houve um possível desalinhamento das torres em algumas fundações provocando instabilidade e possíveis esforços adicionais nessas torres.

3.9 Simulação de Monte Carlo

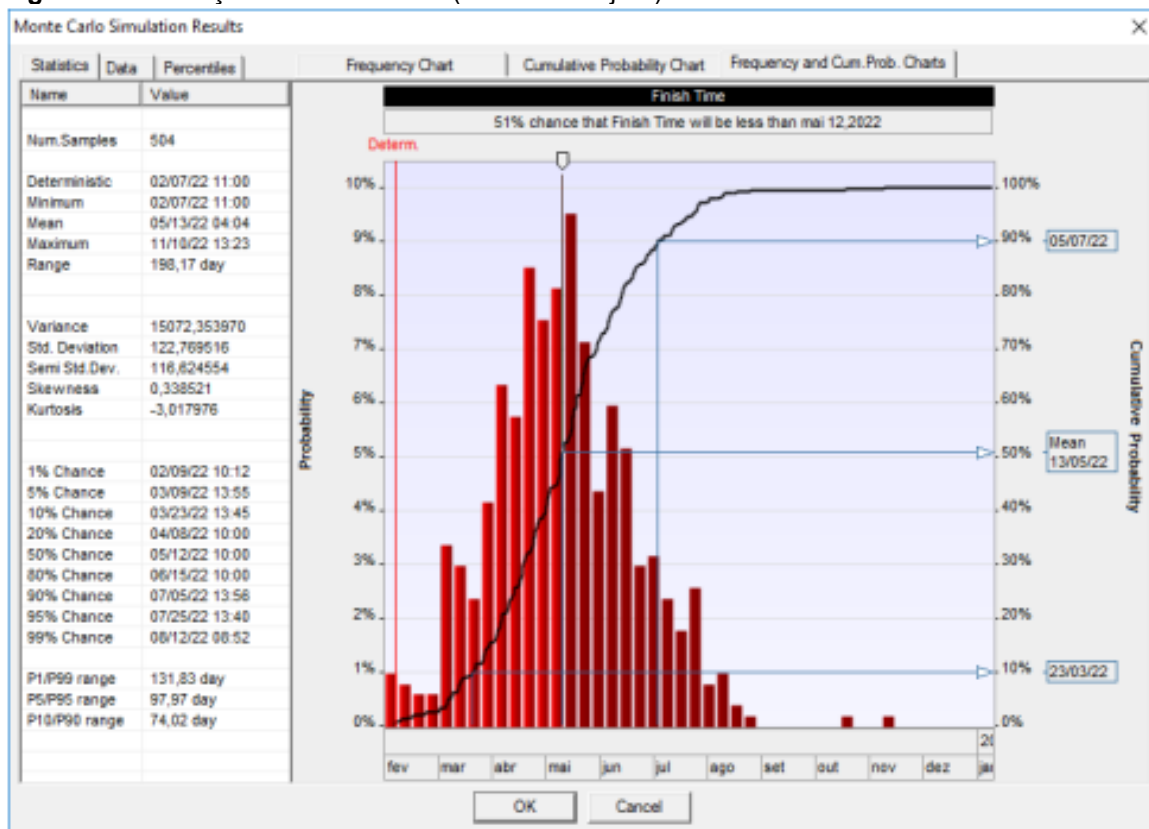
Os riscos identificados nesse estudo foram associados aos eventos do cronograma conforme a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e os pesos arbitrados. Em seguida esses dados foram enviados para o programa *RiskyProject Lite*. O que o sistema faz é simular milhares de vezes as probabilidades de os riscos indicados ocorrerem e o impacto que causariam no projeto em prazo e/ou custo caso ocorressem. Em seguida arbitram-se novos pesos, considerando os planos de ação para mitigar os riscos. Tem-se então dois cenários, um de riscos aceitos e a probabilidade de impacto na ocorrência desses riscos, um de riscos mitigados e sua respectiva probabilidade e impacto.

Os resultados indicavam os possíveis cenários de prazo, onde a data mais provável de término do empreendimento se daria em 08/12/22 e existia uma chance de 90% de o prazo não ultrapassar a data de 05/07/22.

No entanto, com o gerenciamento de riscos e os planos de ação acompanhados mês a mês, o empreendimento foi energizado em setembro/2021, com uma antecipação de aproximadamente 10 meses.

No gráfico da figura 1, observa-se a curva gerada no início do empreendimento.

Figura 1 - Simulação de Monte Carlo (Início do Projeto)

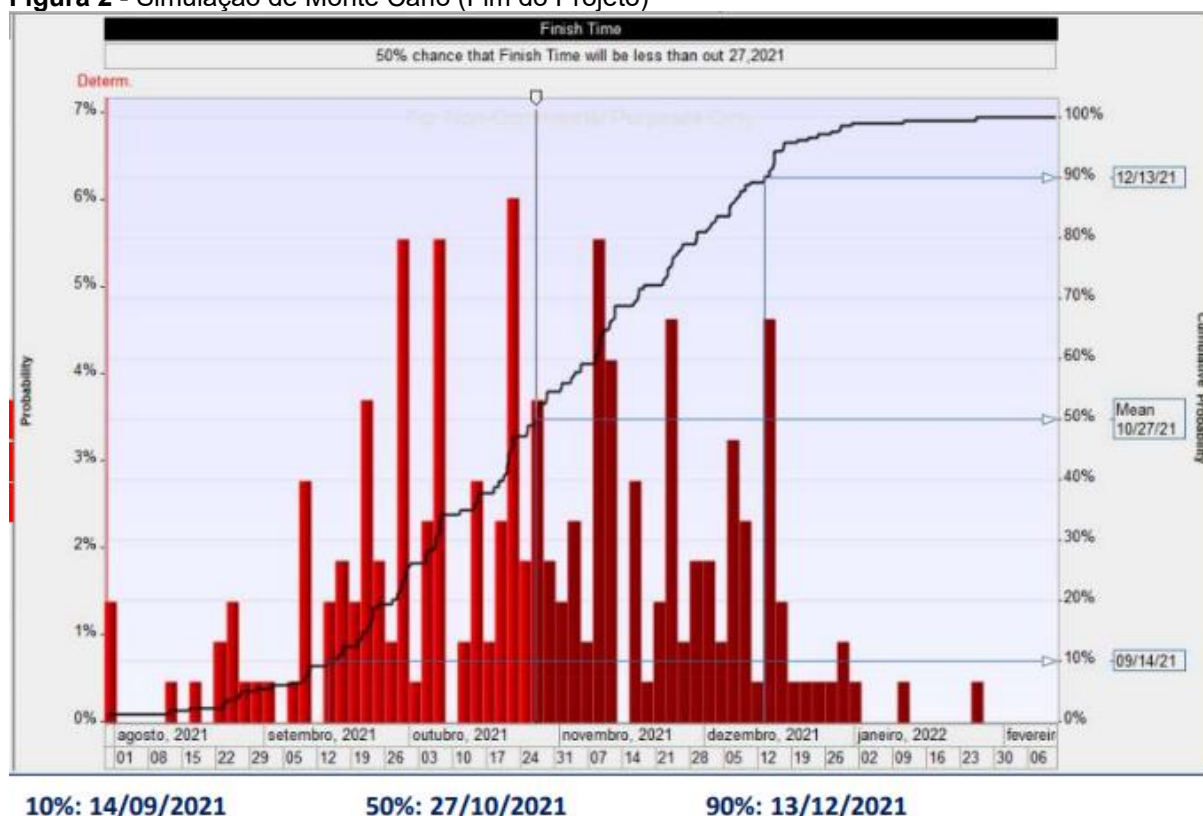


Fonte: Relatório Técnico PMO (2019).

Pode-se notar que, na ocorrência dos riscos identificados no início deste empreendimento, a probabilidade de energização das linhas era de 10% para 23/03/2022, 50% em 13/05/2022 e 90% em 05/07/2022. Significa que, se a gestão do projeto somente aceitasse a ocorrência dos riscos identificados, a probabilidade simulada no início do projeto para energização das linhas seria a indicada neste gráfico.

No gráfico da figura 2, observa-se a curva gerada ao final do empreendimento.

Figura 2 - Simulação de Monte Carlo (Fim do Projeto)



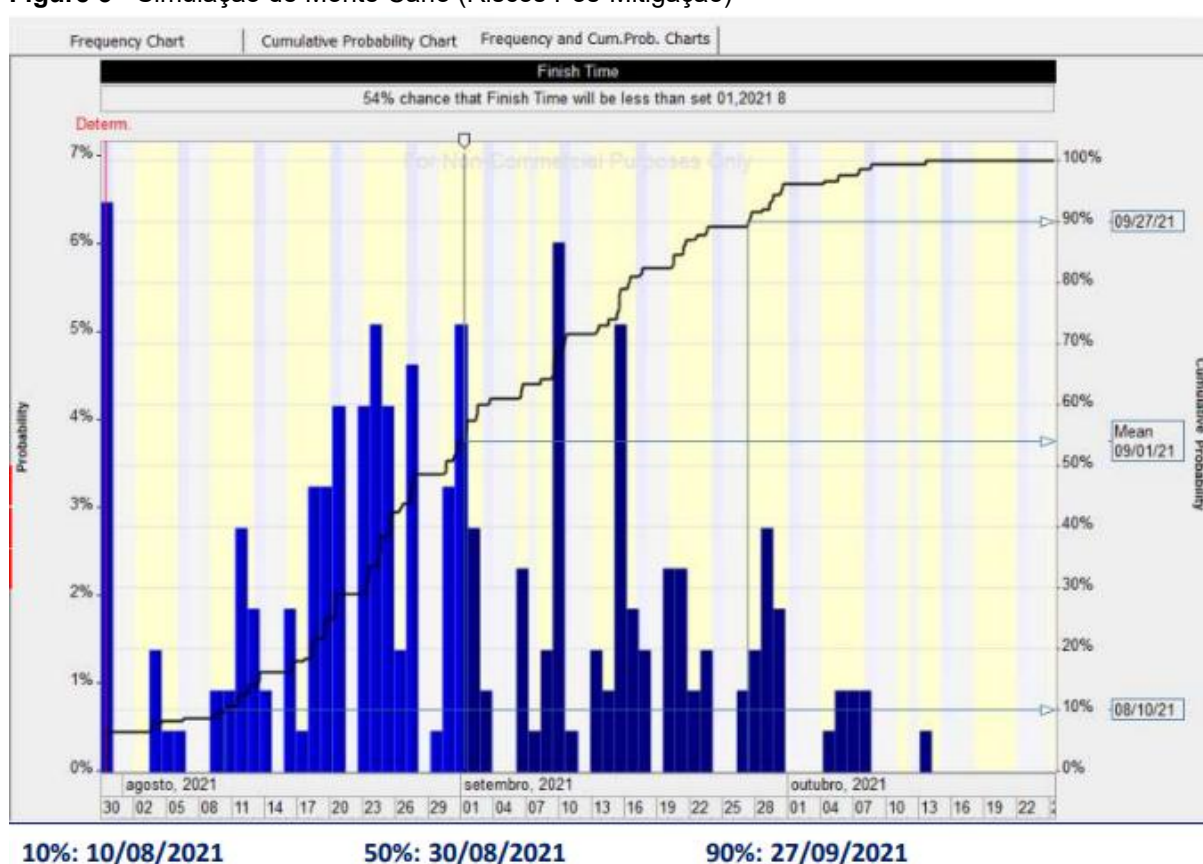
Fonte: Relatório Técnico PMO (2021).

Vê-se que, na ocorrência dos riscos identificados ao final deste empreendimento, a probabilidade de energização das linhas era de 10% para 14/09/2021, 50% em 27/10/2021 e 90% em 13/12/2021. Significa que, comparado ao gráfico do início do projeto, pode-se inferir duas situações, a saber:

- Os riscos podem não ter sido corretamente estimados em uma das fases do projeto, início ou fim.
- Os riscos foram corretamente estimados e a gestão atuou corretamente sobre os riscos identificados mitigando-os e reduzindo a probabilidade de atraso do empreendimento na ocorrência desses riscos.

No gráfico da figura 3, observa-se a curva de análise dos riscos pós-mitigação.

Figure 3 - Simulação de Monte Carlo (Riscos Pós-Mitigação)



Fonte: Relatório Técnico PMO (2021).

O gráfico da figura 3 mostra os riscos pós-mitigação, ou seja, depois de tomadas todas as medidas possíveis por cada parte interessada do projeto para mitigação desses riscos. A simulação deste gráfico é feita arbitrando novamente os pesos de cada risco considerando a mitigação. Com isso vê-se que a probabilidade de energização das linhas era de 10% para 10/08/2021, 50% em 01/09/2021 e 90% em 27/09/2021.

Considerando que as linhas foram energizadas em 30/09/2021, pode-se considerar que houve gestão de riscos durante o empreendimento, os pesos arbitrados no sistema pelos especialistas das áreas foram coerentes e a simulação de Monte Carlo retratou probabilidades compatíveis com a realidade do projeto.

4 RESULTADOS

Foram identificados e mapeados os riscos associados às diferentes fases do projeto, considerando a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e seus respectivos

pesos. Essas informações foram posteriormente inseridas no programa *RiskyProject Lite*, que utilizou a simulação de Monte Carlo para demonstrar as probabilidades de ocorrência dos riscos e seus impactos no prazo e custo do projeto. Novos pesos foram então arbitrados, considerando os planos de ação propostos para mitigar os riscos identificados.

Pode-se verificar que o gerenciamento de riscos foi eficiente e está compatível com o que os gráficos da simulação demonstram, em que a data de energização do empreendimento ficou bem próxima à data simulada considerando o tratamento das incertezas identificadas desde o início do projeto. Caso não houvesse gestão sobre os riscos, a data indicada por Monte Carlo com 90% de probabilidade, na ocorrência de tais incertezas, seria 05/07/2022, com uma diferença de aproximadamente 10 meses para a data realizada de energização em 30/09/2021. As probabilidades simuladas, que estavam de acordo com os dados reais, indicam que os pesos arbitrados no sistema pelos especialistas das áreas foram coerentes e que a simulação refletiu probabilidades condizentes com a realidade observada. Os resultados obtidos evidenciam a importância do gerenciamento de riscos ao longo desse projeto. A antecipação da energização da linha de transmissão, obtida por meio das estratégias de mitigação adotadas, demonstra a eficiência das medidas tomadas durante o empreendimento. Além disso, a utilização da simulação de Monte Carlo proporcionou uma avaliação das probabilidades de ocorrência dos riscos e seus impactos, indicando possíveis cenários para embasar as decisões estratégicas.

4.1 Lições Aprendidas

Ao final do projeto tem-se as lições aprendidas que ficam como legado para projetos futuros. Uma lição importante é sobre a solicitação da LO ao órgão, que deve ser feita no tempo certo de forma que não impacte a energização. Neste projeto tal licença foi solicitada num prazo limite para atendimento por parte do órgão licenciador para energização. Houve atraso de 1 dia apenas, mas poderia se estender bem mais, atrasando a entrada das linhas em operação no sistema interligado nacional. Cabe uma avaliação do gestor e especialistas do projeto para entender o melhor momento para solicitar a LO, considerando que o IBAMA tem 120

dias para responder, mas depende de a obra ter atendido às condicionantes emitidas no Parecer Técnico do órgão.

Outra lição é realizar contínuas revisões dos planos de gestão para evitar aditivos contratuais. Realizar reuniões se possível semanais, acompanhando o avanço dos projetos e a execução da obra.

A realização do estudo geotécnico (sondagem) em todos os pontos onde serão alocadas as torres deve ser considerada imperativa. A sondagem nesse projeto foi feita por amostragem o que resultou em retrabalho de projeto e obra nas fundações que foram feitas sem sondagem, além de ter provocado possível instabilidade e sobre-esforço na linha. Outro ponto é, ao fim da obra, encontrar o momento ideal para elaborar os estudos pré-operacionais com antecedência suficiente para que haja tempo hábil para as análises e aprovações necessárias antes da energização da subestação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a aplicação de gestão de riscos em um estudo de caso envolvendo a construção de linhas de transmissão de 500/345kV. Utilizando abordagens qualitativas e quantitativas, combinadas com ferramentas como pesquisa bibliográfica, análise de documentos do projeto e simulação de Monte Carlo, o objetivo de avaliar o processo de gerenciamento de riscos foi alcançado. Os riscos foram identificados e foi realizada a categorização desses riscos de acordo com seu grau de probabilidade e impacto. Além disso foi utilizado o software *RiskyProject Lite* para a simulação de Monte Carlo proporcionando análises de vários cenários. Foram propostos planos de resposta para os riscos identificados contribuindo para seu controle e mitigação e foram documentadas as lições aprendidas ao fim do projeto.

Conclui-se que o gerenciamento de riscos foi importante para a gestão desse projeto e que a simulação de Monte Carlo foi uma ferramenta eficaz na análise e gestão dos riscos. Foi demonstrado que o gerenciamento de riscos pode reduzir a possibilidade de atrasos no projeto, de aumento de custos, de acidentes e danos ambientais. Portanto, sugere-se que novos trabalhos acadêmicos se dediquem a explorar e aprimorar este tema na área de transmissão de energia elétrica,

especialmente com o uso da ferramenta de Monte Carlo, contribuindo para o avanço desse estudo para a área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. B. D. **Risco e gestão do risco**: questões filosóficas subjacentes ao modelo técnico conceptual. Coimbra, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/36045>. Acesso em: 27 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel>. Acesso em: 8 abr. 2023.

ARAIBI, Alaa Salahuddin et al. Enhancing risk management: leveraging the likelihood/severity matrix for effective risk assessment and mitigation in the electrical and electronic sector. **Al-Khwarizmi Engineering Journal**, v. 20, n. 3, p. 59-70, set. 2024.

ARAÚJO, Cidália; PINTO, Emília M. F.; LOPES, José; NOGUEIRA, Luís; PINTO, Ricardo. **Estudo de caso**: métodos de investigação em educação. Braga: Universidade do Minho, Instituto de Educação e Psicologia, 2008.

DINSMORE, Paul C.; CAVALIERE, Adriane. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos**. 4. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **EPE – Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 28 dez. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Estudos para a licitação da expansão da transmissão**: PET/PELP. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/programa-de-expansao-da-transmissao-plano-de-expansao-de-longo-prazo-pet-pelp>. Acesso em: 28 dez. 2022.

FONTES, A. H. D. M. **Gerenciamento de riscos aplicado a escavações de túneis**. 2018. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Fundação Getulio Vargas, Salvador, 2018.

FURNAS. **Furnas Centrais Elétricas**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.furnas.com.br>. Acesso em: 16 nov. 2022.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 6. ed. Newtown Square: PMI, 2017.

HOCHHEIM, N.; HOCHHEIM, G. A.; MUTTI, C. D. N. **Simulação Monte Carlo considerando dependência entre variáveis para análise da variabilidade do método involutivo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 19., 2017, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: COBREAP, 2017.

HOLANDA, A. B. de. **App Aurélio Digital**. 5. ed. [S.l.]: Companhia Brasileira de Educação e Sistemas de Ensino S.A., 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Solicitar licenciamento ambiental federal**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-licenciamento-ambiental-federal>. Acesso em: 19 mar. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 31000:2009**: gestão de riscos. Genebra: ISO, 2009.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu Binacional**. Foz do Iguaçu, 2022. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br>. Acesso em: 16 nov. 2022.

JOIA, L. A. et al. **Gerenciamento de riscos em projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2013.

SALLES JUNIOR, C. A. C. *et al.* **Gerenciamento de riscos em projetos**. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

LIMA, A. R. **Análise e gestão de riscos das ocupações de faixas de linhas de transmissão**: estudo de caso da Vila Alta Tensão. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

NETO, J. R. B. **Gerenciamento de riscos em ativos de empresas de transmissão de energia do sistema elétrico brasileiro**: uma aplicação na Chesf. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Mapa do sistema de transmissão**: horizonte 2024. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 18 dez. 2022.

STANSBURY, Nicole et al. Risk-based quality management: a case for centralized monitoring. **Therapeutic Innovation and Regulatory Science**, v. 59, n. 2, p. 199-210, mar. 2025.

VIEIRA, E. Gerenciando Projetos na Era de Grandes Mudanças - Uma breve abordagem do panorama atual. **PMI Journal – PMI-RS**, [Porto Alegre], v. 3, p. 7-16, 2002.

Biografia do autores

Amanda dos Santos Formaggini Guimarães

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Volta Redonda, RJ, Brasil.

Vanessa Aparecida de Sá Machado

Graduada em Engenharia Mecânica, mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, Rio de Janeiro, RJ, Brasil e doutoranda do mesmo programa.

Christian Augusto Guimarães Vargas Carneiro

Mestre em Engenharia e professor efetivo do curso de Engenharia de Produção e do MBA em Gestão de Projetos da Universidade Federal Fluminense – UFF de Volta Redonda.



Artigo recebido em: 13/12/2024 e aceito para publicação em: 18/11/2025

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i1.5524>