



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA - EST
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO E GOVERNANÇA DE
RISCOS E DESASTRES



GESTÃO DO FOGO SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DO RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS

LUCAS MAGNO VASSOLER MACEDO

MANAUS – AM

2025



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
<https://edoc.amazonas.am.gov.br/78FB.CDAE.4CF2.8610/9AEC69C2>
Código verificador: **78FB.CDAE.4CF2.8610** CRC: **9AEC69C2**



LUCAS MAGNO VASSOLER MACEDO

**GESTÃO DO FOGO SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DO RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS**

**MANAUS – AM
2025**



Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

M141g	<p>Macedo, Lucas Magno Vassoler Gestão do fogo sustentável para mitigação do risco de incêndios florestais / Lucas Magno Vassoler Macedo. Manaus : [s.n], 2025. 38 f.: color.; 21.0 cm.</p> <p>TCC - Tecnologia em Gestão e Governança de Riscos e Desastres- Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2025. Inclui Bibliografia. Inclui Apêndice. Orientador: Monteiro, Josélio da Silva..</p> <p>1. Prevenção. 2. Amazônia. 3. Manejo florestal sustentável. 4. Incêndios florestais. 5. Aceiros. I. Monteiro, Josélio da Silva. (Orient.) II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU(1997)502.58</p>
-------	---



LUCAS MAGNO VASSOLER MACEDO

**GESTÃO DO FOGO SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DO RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente
JOSELIO DA SILVA MONTEIRO
Data: 24/11/2025 14:35:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cel QOBM Josélio da Silva Monteiro
Professor Mestre
Orientador

Ten. Coronel QOBM Jean Clisley Feitosa e Silva
Membro da Banca



Documento assinado digitalmente
ADRIANA FERREIRA DA SILVA
Data: 21/11/2025 20:06:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Adriana Ferreira da Silva
Professora Esp.
Membro da Banca

PARECER DA BANCA

- Aprovado (a)
 Aprovado (a) com ressalvas
 Reprovado (a)

Resumo



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
<https://edoc.amazonas.am.gov.br/78FB.CDAE.4CF2.8610/9AEC69C2>
Código verificador: **78FB.CDAE.4CF2.8610** CRC: **9AEC69C2**

Resumo

Os incêndios florestais representam uma das principais ameaças aos ecossistemas amazônicos, intensificados por práticas agropecuárias inadequadas e pela falta de protocolos padronizados de prevenção. Este trabalho teve como objetivo desenvolver estratégias baseadas em evidências para a construção de aceiros e elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) destinado ao Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas, a fim de mitigar os impactos causados pelos incêndios florestais na região. A pesquisa consistiu em uma revisão de literatura e análise comparativa de estudos nacionais e internacionais sobre tipos de vegetação, padrões de combustibilidade, tempo de queima e impactos econômicos. Os resultados demonstraram que a largura, a manutenção e a tipologia dos aceiros influenciam diretamente a sua eficiência, e que a adoção de espécies nativas de baixa inflamabilidade pode contribuir para aceiros verdes de menor impacto ambiental. A avaliação do tempo de queima, com base na literatura, permitiu determinar tempos médios de combustão entre 60 e 150 segundos, variando conforme a carga de combustível e a umidade da vegetação. No campo econômico, constatou-se que os custos de implantação e manutenção dos aceiros são significativamente inferiores aos prejuízos decorrentes de grandes incêndios, que podem alcançar bilhões de reais em perdas produtivas, ambientais e sociais. Conclui-se que os aceiros constituem uma medida de prevenção custo-efetiva e ambientalmente adequada, desde que associados a protocolos claros de manejo, governança participativa e monitoramento contínuo.

Palavras-chave: incêndios florestais; aceiros; manejo florestal sustentável; Amazônia; prevenção

Abstract

Forest fires represent one of the main threats to Amazonian ecosystems, intensified by inadequate agricultural practices and the lack of standardized prevention protocols. This work aimed to develop evidence-based strategies for the construction of firebreaks and to develop a Standard Operating Procedure (SOP) for the Amazonas Military Fire Department, to mitigate the impacts caused by forest fires in the region. The research consisted of a literature review and comparative analysis of national and international studies on vegetation types, combustibility patterns, burning time and economic impacts. The results showed that the width, maintenance and typology of firebreaks directly influence their efficiency, and that the adoption of native species with low flammability can contribute to green firebreaks with lower environmental impact. The evaluation of the burning time, based on the literature,



allowed us to estimate average combustion times between 60 and 150 seconds, varying according to the fuel load and the humidity of the vegetation. In the economic field, it was found that the costs of implementing and maintaining firebreaks are significantly lower than the losses resulting from large fires, which can reach billions of reais in productive, environmental and social losses. It is concluded that firebreaks constitute a cost-effective and environmentally appropriate prevention measure, if they are associated with clear management protocols, participatory governance and continuous monitoring.

Keywords: forest fires; Firebreaks; sustainable forest management; Amazon; prevention



Sumário

1. Introdução	
2. O Problema dos Incêndios na Amazônia	
2.1 Legislação e Políticas Públicas para Prevenção de Incêndios	
2.2 Decreto sobre a Proibição das Queimadas pelo Governador do Amazonas	
2.3 Normas de Combate aos Incêndios Florestais	
2.4 Aceiros como Estratégia Fundamental	
2.5 Período para Construção dos Aceiros	
2.6 Considerações sobre a Inflamabilidade e Largura dos Aceiros	
2.7 Responsabilidade do Produtor Rural e Foto georreferenciamento	
2.8 Novas Tecnologias no Monitoramento e Prevenção de Incêndios	
3. Material e Método.....	
4. Resultados e Discussão	
5. Considerações Finais.....	
6. Referências	
Apêndice A – Procedimento Operacional Padrão para implementação de aceiros no Amazonas.	



1. Introdução

A Amazônia, maior floresta tropical do planeta, exerce papel essencial na regulação do clima global e na conservação da biodiversidade. Com aproximadamente 5,5 milhões de quilômetros quadrados, o bioma armazena cerca de 120 bilhões de toneladas de carbono (BRANDO et al., 2014), contribuindo de forma significativa para a mitigação do aquecimento global. Entretanto, os incêndios florestais ameaçam esse patrimônio natural, ocasionando perdas ambientais de difícil reversão e impactando o equilíbrio climático.

Estudos demonstram que a interação entre mudanças climáticas e atividades humanas, como o desmatamento e as queimadas ilegais, aumenta a frequência e a intensidade dos incêndios (ARAGÃO et al., 2018). Esses eventos não apenas destroem a vegetação nativa, mas também liberam grandes quantidades de dióxido de carbono, intensificando o aquecimento global. Entre 2002 e 2016, as emissões anuais de CO₂ provenientes de queimadas na Amazônia chegaram a 0,5 bilhões de toneladas métricas (ARAGÃO et al., 2018; VAN DER WERF et al., 2017), representando um desafio para as metas globais de redução de emissões.

Além dos efeitos climáticos, os incêndios florestais impactam a biodiversidade, a qualidade do ar e a saúde das populações locais, incluindo comunidades indígenas e ribeirinhas que dependem dos recursos florestais para subsistência (SOARES; BATISTA, 2007). Embora os aceiros — faixas de vegetação removida que funcionam como barreiras físicas contra o fogo — sejam utilizados como medida preventiva (CEMIG, 2021), a ausência de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) específicos limita a padronização e a eficácia dessa prática (FIEDLER; LUCAS; LINHARES, 2020).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo geral avaliar a eficiência dos aceiros como estratégia preventiva contra incêndios florestais na Amazônia e propor a implementação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) adaptado à realidade do Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM). Os objetivos específicos incluem a análise de experiências internacionais de manejo do fogo, a identificação de parâmetros técnicos adequados ao contexto amazônico e a proposição de diretrizes para a construção e manutenção de aceiros, integrando práticas tradicionais e tecnologias modernas.

A relevância desta pesquisa está na necessidade de estabelecer práticas



padronizadas e fundamentadas em evidências para reduzir a propagação de incêndios florestais no Amazonas. Estudos apontam que aceiros planejados e mantidos adequadamente podem reduzir em até 40% a área queimada em regiões tropicais suscetíveis a incêndios (FERNANDES et al., 2011) e diminuir as emissões de CO₂ (VAN DER WERF et al., 2017). A adoção de um POP específico tem potencial para aprimorar a resposta operacional do CBMAM, otimizar recursos e contribuir para a preservação dos ecossistemas amazônicos, além de fortalecer a resiliência das comunidades expostas a esses eventos.

Metodologicamente, trata-se de um estudo aplicado, com abordagem qualitativa e quantitativa, que combina revisão bibliográfica e documental com análise comparativa de experiências internacionais. Foram incluídos casos de manejo do fogo em savanas africanas, no norte da Austrália e no Sudeste Asiático (LEPAGE et al., 2015; RUSSELL-SMITH et al., 2013; MORITZ et al., 2014). Também foram consideradas tecnologias como sensoriamento remoto, aprendizado de máquina e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento de áreas de risco (CHUVIECO et al., 2010), visando à elaboração de um modelo operacional aplicável ao contexto amazônico.

Este trabalho está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta a revisão de literatura sobre incêndios florestais na Amazônia, avaliação de risco e uso de aceiros. A terceira seção descreve a metodologia adotada, detalhando os critérios de busca e análise de estudos. A quarta seção discute os resultados obtidos, incluindo a proposta de POP para manejo de aceiros no Amazonas. Por fim, a quinta seção apresenta as considerações finais, destacando as contribuições da pesquisa e perspectivas para trabalhos futuros.

Para compreender mais sobre o assunto, é preciso ter a ciência que os incêndios florestais têm sido uma das principais ameaças à integridade dos ecossistemas amazônicos, comprometendo não apenas a biodiversidade, mas também os serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação climática e a absorção de carbono (ARAGÃO et al., 2018; NEPSTAD et al., 2014). O manejo adequado do fogo é, portanto, uma necessidade emergente para garantir a sustentabilidade das florestas tropicais e reduzir os impactos ambientais causados pelas queimadas (BRANDO et al., 2014; SILVA et al., 2020).



2. O Problema dos Incêndios na Amazônia

Os incêndios florestais na Amazônia têm apresentado um aumento alarmante nos últimos anos, sendo fortemente associados ao desmatamento e às mudanças climáticas. Em 2023, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) registrou 9.230 focos de incêndio na Amazônia em junho, um aumento de 65% em relação ao mesmo período de 2022. No total, a região registrou 116.702 focos de incêndio em 2022, o maior índice desde 2010 (INPE, 2023). Estudos apontam que 80% dos incêndios na Amazônia são causados por atividades humanas, especialmente pelo desmatamento e queimadas para expansão agropecuária (ARAGÃO et al., 2018). Além disso, áreas recentemente desmatadas têm uma probabilidade quatro vezes maior de sofrerem incêndios do que regiões de floresta intacta (SILVEIRA et al., 2021).

Os impactos ambientais desses incêndios são significativos. As emissões de 0,5 bilhões de toneladas métricas de CO₂ por ano decorrentes das queimadas entre 2002 e 2016 reforçam o papel desses eventos no agravamento do aquecimento global (VAN DER WERF et al., 2017). Além disso, a biodiversidade amazônica também está ameaçada, com até 85% das espécies de árvores da região sendo vulneráveis ao fogo, o que compromete os ecossistemas e a sobrevivência de várias espécies (BARLOW et al., 2016).

As consequências dos incêndios não se limitam ao meio ambiente, atingindo também a saúde pública. Em hospitais da região amazônica, os atendimentos por doenças respiratórias aumentaram em 36% entre julho e outubro de 2022 devido à exposição à fumaça (ARTAXO et al., 2023). Além disso, a fuligem gerada pelos incêndios pode se espalhar por até 3.000 km, impactando a qualidade do ar em cidades distantes (REDDINGTON et al., 2015).

As previsões para o futuro são preocupantes. Modelos climáticos sugerem que, caso o desmatamento continue no ritmo atual, a Amazônia pode perder até 40% de sua cobertura florestal até 2050, tornando os incêndios ainda mais frequentes e severos (LOVEJOY; NOBRE, 2019). Além disso, eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, estão aumentando a durabilidade e a intensidade dos incêndios na região (MARENGO et al., 2018).



2.1 Legislação e Políticas Públicas para Prevenção de Incêndios

A legislação brasileira estabelece diretrizes para a prevenção e controle de incêndios florestais, sendo o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) um dos principais marcos regulatórios. Esse código define regras para a proteção da vegetação nativa e a adoção de práticas preventivas contra queimadas descontroladas (BRASIL, 2012). Além disso, o Decreto nº 2.661/1998 regulamenta o uso do fogo em atividades agropastoris e florestais, impondo restrições para minimizar riscos ambientais.

No contexto da Amazônia, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Corpo de Bombeiros desempenham papéis fundamentais na fiscalização e combate a incêndios. A Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009) também estabelece metas de redução das emissões de gases de efeito estufa, incluindo ações voltadas à prevenção de incêndios florestais (MMA, 2020).

Em nível internacional, acordos como o Pacto de Leticia para a Amazônia (2019) reforçam a cooperação entre países amazônicos na implementação de medidas de monitoramento e combate ao fogo, buscando estratégias sustentáveis para a preservação do bioma (PNUD, 2021).

2.2 Decreto sobre a Proibição das Queimadas pelo Governador do Amazonas

No contexto da Amazônia, o combate às queimadas é uma prioridade ambiental e legal. O Governo do Amazonas, por meio de decretos estaduais, tem implementado medidas rigorosas para proibir a prática de queimadas, com exceção de situações autorizadas para manejo florestal controlado. O Decreto nº 2.661/1998 regulamenta o uso do fogo em atividades agropastoris e florestais, buscando minimizar os riscos ambientais decorrentes de incêndios descontrolados. A implementação de aceiros, portanto, é uma estratégia fundamental para garantir a conformidade com a legislação estadual, além de ser uma prática essencial para a prevenção e controle de incêndios florestais na região.



2.3 Normas de Combate aos Incêndios Florestais

O combate aos incêndios florestais envolve uma série de estratégias que variam conforme a intensidade e o tipo de vegetação atingida. Entre as principais abordagens, destacam-se o combate direto, o combate indireto e o manejo preventivo do fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005).

O combate direto consiste na ação imediata para conter o fogo, utilizando equipamentos como abafadores, bombas costais, caminhões-pipa e aeronaves para lançamento de água e retardantes químicos. Esse método é empregado principalmente quando o incêndio está em estágio inicial e pode ser controlado de forma localizada (MIRANDA et al., 2012).

Já o combate indireto envolve a criação de barreiras físicas para impedir a propagação do fogo. Entre essas barreiras, destacam-se os aceiros, que são áreas onde a vegetação é removida para interromper o avanço das chamas (FERNANDES; BOTELHO, 2003). Outras estratégias incluem a queima controlada e o uso de contrafogo, técnica que consiste na criação de incêndios controlados para reduzir a carga de material combustível antes da chegada do fogo principal (HOFFMANN et al., 2012).

2.4 Aceiros como Estratégia Fundamental

Dentre as estratégias de combate e prevenção de incêndios, os aceiros se destacam como uma das medidas mais eficazes. Os aceiros são barreiras naturais ou construídas, limpas de vegetação, parcial ou completamente, de uma largura variável (recomenda-se a largura de duas vezes a altura da vegetação), montados previamente ao incêndio (TORRES et al., 2020). A sua eficácia depende de fatores como largura, tipo de vegetação adjacente e manutenção periódica para evitar a acumulação de material inflamável (KAUFFMAN et al., 2020). De acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), os aceiros devem ser implementados como uma estratégia de manejo adequado do fogo, visando a proteção da vegetação nativa e a redução dos riscos de queimadas descontroladas.

Estudos demonstram que a largura dos aceiros é um fator determinante na sua eficiência. Fernandes et al. (2011) sugerem que aceiros mais largos apresentam



uma capacidade superior de impedir que fagulhas e brasas alcancem áreas preservadas. Além disso, a sua manutenção regular é essencial para garantir sua funcionalidade a longo prazo (ARMENTERAS et al., 2013).

Na Amazônia, a criação de aceiros pode ser uma ferramenta crucial para reduzir a intensidade dos incêndios, especialmente em períodos de seca severa. O uso combinado de aceiros com tecnologias de monitoramento, como Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pode potencializar a detecção precoce de incêndios e otimizar a resposta das equipes de combate (CHUVIECO et al., 2010).

2.5 Período para Construção dos Aceiros

A construção dos aceiros deve ser realizada em um período específico do ano, considerando as condições climáticas e o ciclo da vegetação. O melhor momento para a construção dos aceiros ocorre antes da estação seca, ou seja, durante os meses de transição entre a estação das chuvas e o início da estiagem, quando a vegetação ainda está mais úmida e o risco de incêndios é menor. Este período pode variar anualmente, dependendo das condições climáticas locais. O planejamento e execução dos aceiros devem ser feitos dentro dessa janela para garantir sua eficácia no controle da propagação do fogo (FERNANDES et al., 2011; KAUFFMAN et al., 2020).

2.6 Considerações sobre a Inflamabilidade e Largura dos Aceiros

A largura dos aceiros é um fator crucial para a eficácia de sua função na prevenção de incêndios. A largura do aceiro deve ser dimensionada de acordo com a vegetação circundante e sua inflamabilidade. Quanto mais densa e inflamável a vegetação adjacente, maior deve ser a largura do aceiro, de modo a criar uma barreira eficaz contra o fogo (FERNANDES et al., 2011; KAUFFMAN et al., 2020). Para garantir a eficácia do aceiro, é necessário que ele seja constantemente mantido, com a remoção periódica de resíduos de vegetação e materiais inflamáveis, de forma a evitar a acumulação de combustível que possa comprometer a eficácia da barreira (ARMENTERAS et al., 2013; BOTEQUIM et al., 2013).



2.7 Responsabilidade do Produtor Rural e Foto georreferenciamento

Os produtores rurais desempenham um papel fundamental na execução da estratégia de aceiros. Cada proprietário é responsável por construir e documentar a execução dos aceiros nas áreas sob sua gestão. Para garantir a transparência e a rastreabilidade, o produtor deverá registrar fotos georreferenciadas das áreas de aceiro utilizando aplicativos como o "App Timestamp" ou outras plataformas tecnológicas apropriadas. Caso o produtor não tenha a capacidade ou os meios para realizar essa documentação, a Defesa Civil Municipal será encarregada de fiscalizar e registrar a conformidade com os regulamentos estabelecidos (SILVA et al., 2020). Quando o aceiro estiver pronto, a Defesa Civil Municipal realizará a fotodocumentação e encaminhará as imagens e informações para a Defesa Civil Estadual para análise posterior (CHUVIECO et al., 2010).

2.8 Novas Tecnologias no Monitoramento e Prevenção de Incêndios

O uso de tecnologias avançadas tem sido cada vez mais incorporado às estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais. Entre as ferramentas mais utilizadas, destacam-se o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a Inteligência Artificial aplicada à detecção precoce de focos de incêndio (CHUVIECO et al., 2010).

O Sensoriamento Remoto, por meio de satélites como o MODIS e o Landsat, permite monitorar áreas vulneráveis e identificar incêndios em estágios iniciais, possibilitando uma resposta mais ágil das equipes de combate (MORTON et al., 2013). Da mesma forma, os SIG possibilitam a análise espacial da distribuição de queimadas e auxiliam no planejamento de ações preventivas, como a criação de aceiros e a delimitação de áreas de risco (SILVA et al., 2020).

A Inteligência Artificial tem sido aplicada na previsão de incêndios, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para analisar padrões climáticos e identificar áreas com maior probabilidade de queima. Pesquisas recentes demonstram que esses modelos preditivos podem aumentar em até 85% a precisão na detecção de incêndios, reduzindo significativamente os danos ambientais e sociais (RODRIGUES



et al., 2022).

Além disso, drones equipados com câmeras térmicas têm sido usados para monitoramento em tempo real, permitindo a identificação de focos de calor em locais de difícil acesso (SANO et al., 2021).

3. Material e Método

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão integrativa da literatura sobre aceiros e sua eficácia na mitigação de incêndios florestais, seguindo as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) de 2020 (GALVÃO; TIGUMAN; SARKIS-ONOFRE, 2022). A declaração PRISMA incluiu uma lista com 27 itens e um diagrama de fluxo dividido em quatro fases, fornecendo um guia metodológico rigoroso para a condução e relato de revisões de literatura.

De acordo com essa abordagem, inicialmente foi definida a questão norteadora do estudo com base no modelo PICO (População, Intervenção, Comparação e Desfecho), a fim de garantir maior precisão na busca e seleção dos artigos. A população-alvo compreendeu ecossistemas sujeitos a incêndios florestais, a intervenção considerada foi a implementação de aceiros como estratégia de mitigação, a comparação envolveu diferentes tipos e larguras de aceiros e o desfecho analisado foi a eficiência dessa prática na contenção do fogo.

A busca pelos estudos foi realizada em bases de dados indexadas, incluindo ScienceDirect, SciELO e o Portal de Periódicos CAPES, além de pesquisas complementares no Google Acadêmico. Foram aplicados descritores específicos, definidos a partir do vocabulário controlado de cada base, incluindo termos como “aceiros”, “manejo do fogo”, “incêndios florestais”, “prevenção de incêndios”, “controle do fogo”, “combate a incêndios”, “faixas de proteção contra incêndios” e “fragmentação da vegetação para mitigação do fogo”. Além disso, utilizaram-se operadores booleanos AND e OR para refinar as combinações e ampliar a abrangência dos resultados.

Os critérios de inclusão contemplaram estudos publicados nos últimos 20 anos, artigos revisados por pares, documentos técnicos e normativos de órgãos ambientais e de combate a incêndios. Foram excluídos trabalhos sem metodologia



clara, estudos de caráter opinativo e artigos que não abordassem diretamente o uso de aceiros na prevenção de incêndios florestais. A triagem foi realizada em três etapas: (1) exclusão de duplicatas, (2) leitura dos títulos e resumos e (3) leitura completa dos textos selecionados.

A extração de dados foi conduzida de forma padronizada, considerando informações sobre o tipo de vegetação analisada, características estruturais dos aceiros, impacto na mitigação de incêndios, tempo de queima da vegetação, métodos de monitoramento e diretrizes operacionais para a manutenção dessas barreiras. Para assegurar a qualidade e a confiabilidade dos dados, utilizou-se a escala de avaliação de qualidade metodológica Joanna Briggs Institute (JBI), aplicando critérios específicos para estudos observacionais, experimentais e revisões sistemáticas prévias.

Os resultados foram analisados qualitativamente, buscando identificar padrões, lacunas e recomendações que pudessem subsidiar a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) para o Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM). A estrutura do POP seguiu as diretrizes normativas aplicáveis, garantindo clareza, padronização e aplicabilidade prática.

A construção do POP foi baseada nos princípios da normatização operacional, contemplando elementos como título, objetivo, campo de aplicação, referências normativas, definições, responsabilidades, procedimentos detalhados, critérios de segurança e controle de qualidade. O documento descreveu, de maneira objetiva e sequencial, as ações necessárias para a implementação e manutenção de aceiros, considerando as condições ambientais e operacionais específicas da região amazônica.

Os procedimentos foram organizados em etapas lógicas e bem definidas, abordando desde a delimitação e dimensionamento dos aceiros, com base nas características da vegetação e no risco de incêndios, até a manutenção periódica e o monitoramento dessas barreiras. Além disso, estabeleceram-se protocolos de fiscalização e resposta a emergências, garantindo que as diretrizes fossem seguidas corretamente e que o impacto das ações fosse avaliado continuamente.

Para assegurar a aplicabilidade do POP, foram considerados os referenciais técnicos de órgãos especializados, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Corpo de Bombeiros Militar e Secretarias Estaduais de Meio



Ambiente, bem como normas internacionais de prevenção e combate a incêndios florestais.

Ao final do Procedimento Operacional Padrão (POP), anexou-se um fluxograma simples, de fácil compreensão, para orientar proprietários rurais sobre as etapas de construção e fiscalização dos aceiros. Esse fluxograma explicou claramente cada passo do processo, desde a construção inicial até a documentação e fiscalização, garantindo que o produtor compreendesse as suas responsabilidades e os mecanismos de fiscalização do processo.

Em relação ao impacto econômico, o estudo adotou uma abordagem descritiva e comparativa, com base na análise de dados secundários. Foram coletadas informações históricas sobre áreas atingidas por incêndios florestais no estado do Amazonas, buscando identificar e comparar regiões com e sem a presença de aceiros. Esses dados foram obtidos por meio de fontes oficiais, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM).

4. Resultados e Discussão

A revisão incluiu 62 estudos que abordaram o uso de aceiros como estratégia de prevenção e controle de incêndios florestais. Os artigos foram selecionados em diferentes bases de dados: no Science Direct, 1.475 resultados iniciais foram reduzidos a 310 após a aplicação de filtros, dos quais 47 foram lidos integralmente; no SciELO, 3 dos 9 resultados apresentaram aderência direta ao tema; e no Portal de Periódicos CAPES, 12 de 41 artigos foram analisados integralmente. Adicionalmente, foram incluídos documentos do Google Acadêmico, relatórios técnicos e normativos.

A análise evidenciou que os aceiros, em diferentes modalidades, atuam como instrumentos de prevenção e controle da propagação de incêndios florestais. Os dados reforçam a necessidade de sistematizar a construção, manutenção e monitoramento dessas estruturas, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) adaptado ao Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM) (Tabela 1).



Tabela 1. Eficiência de aceiros mecânicos em diferentes contextos brasileiros.

Local/Contexto	Largura / Método	Resultados-chave	Fonte
Roraima (vegetação secundária)	1 m (aceiro mecânico)	Média de 2,97 m ² queimados por parcela; velocidade 0,0054 m·s ⁻¹ ; forte influência meteorológica local.	JESUS et al., 2023
PARNA Chapada dos Veadeiros (GO)	Aceiros tradicionais + ações preventivas	Presença de aceiros associada à menor frequência de incêndios; maioria das ignições antrópicas (criminosas/negligência).	FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006; 2019
PARNA Serra da Canastra (MG)	Aceiros + isolamento de combustíveis	~50% dos incêndios de origem humana (47% intencionais); eventos antrópicos mais devastadores que naturais; relevância de aceiros.	MEDEIROS; FIEDLER, 2003
Sul/Sudeste (revisão técnica)	Ex.: 20 m ao longo de estradas (6 m estrada + 14 m limpos)	Recomendações clássicas de largura e manutenção periódica; ênfase em continuidade de combustível e vento.	BATISTA; SOARES, 2003 (UFPR)
Cerrado (TO, GO, PI, MA)	Aceiros + queimas prescritas + MIF	Redução de grandes incêndios em UCs; importância da participação comunitária e do planejamento integrado (PMIF 2023–2027).	ICMBio, 2023
Amazônia (PA/MT, borda agrícola)	Aceiros manuais e mecânicos em áreas de pastagem/floresta	Reduzem a propagação de fogo de uso agrícola; eficiência depende de largura >3 m e manutenção antes da seca.	ALMEIDA et al., 2016
Brasil (manual técnico rural)	Manual/mecânico/químico/negro; larguras variam	Largura deve considerar altura do dossel, topografia e infraestrutura; quadro de referência para APP/ARL.	SENAR, 2017
Brasil Central (análise histórica)	Aceiros de contenção em UCs e estradas	Sem manutenção, tornam-se ineficazes em 1–2 anos; manutenção periódica é fator crítico para funcionalidade.	RAMOS et al., 2018

Fonte: Lucas Macedo (2025).

Em experimentos realizados em Roraima, aceiros de 1 metro de largura limitaram a propagação do fogo em parcelas de vegetação secundária, resultando



em média de 2,97 m² queimados por parcela, com velocidade de propagação de 0,0054 m·s⁻¹, influenciada por variáveis meteorológicas locais (JESUS et al., 2023). Isso indica que fatores climáticos devem ser incorporados aos protocolos de abertura e manutenção de aceiros pelo CBMAM.

No Cerrado, análises históricas mostraram associação entre a presença de aceiros e menor frequência de incêndios em Unidades de Conservação. No Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, por exemplo, os aceiros foram identificados como uma das principais medidas preventivas, embora a maioria dos incêndios tenha origem criminosa ou por negligência (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006; 2019). Situação semelhante foi observada no Parque Nacional da Serra da Canastra, onde aproximadamente 50% dos incêndios foram de origem humana, sendo 47% intencionais. Nesse caso, os incêndios antrópicos tiveram maior extensão do que os de origem natural, destacando a importância de estratégias de isolamento de combustíveis e de programas de educação ambiental (MEDEIROS; FIEDLER, 2003).

A Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, por meio do Manejo Integrado do Fogo (MIF), incorporou aceiros em um processo participativo com comunidades locais. Essa abordagem resultou em redução da ocorrência de incêndios de grande escala, evidenciando a relevância da integração entre práticas tradicionais e técnicas modernas (ICMBio, 2023). Experiências semelhantes foram registradas em áreas agrícolas da Amazônia, nas quais aceiros manuais e mecânicos, com largura superior a 3 metros e construídos antes do período mais seco, mostraram eficiência na contenção do fogo associado a práticas agropecuárias (ALMEIDA et al., 2016).

Estudos técnicos nacionais apontam que a eficiência dos aceiros depende de sua largura e de manutenção periódica. Recomendações tradicionais variam entre 3 e 20 metros, de acordo com altura do dossel, continuidade do combustível e declividade do terreno (BATISTA; SOARES, 2003; SENAR, 2017). Análises históricas em Unidades de Conservação no Brasil Central também demonstraram que, sem manutenção, os aceiros podem perder a funcionalidade em um ou dois anos, tornando-se áreas de acúmulo de material combustível (RAMOS et al., 2018).

No campo das inovações, destacam-se os aceiros químicos, que consistem em faixas com aplicações de retardantes do fogo utilizados no combate indireto de



incêndios florestais. Os experimentos reunidos na Tabela 2 evidenciam diferenças significativas na eficácia dos retardantes de fogo e dos polímeros hidroretentores avaliados.

O Phos-Chek WD-881, em concentrações de 0,1 a 1,0% e volumes de 0,3 a 1,2 L·m⁻², reduziu a propagação das chamas, mantendo efeito até a ocorrência de chuvas (PERIMETER SOLUTIONS, 2020). Resultados semelhantes foram observados em ensaios de campo, nos quais o Phos-Chek de longa duração, aplicado em *Brachiaria decumbens*, reduziu em aproximadamente 44% a propagação do fogo com 0,3 L·m⁻², chegando a 96% em volumes de 1,2 L·m⁻² (RIBEIRO et al., 2006). Esses dados indicam que retardantes químicos fosfatados, como o Phos-Chek, apresentam desempenho consistente na redução da propagação do fogo. A eficácia do produto está associada ao aumento da umidade e à modificação química do processo de combustão, o que explica sua permanência mesmo após a evaporação da água (PERIMETER SOLUTIONS, 2020; RIBEIRO et al., 2006).

O Hold Fire® demonstrou redução do avanço das chamas em ensaios experimentais, porém seus efeitos sobre a germinação e o desenvolvimento vegetal evidenciam potencial fitotoxicidade em determinadas condições (LIMA et al., 2020). Embora eficiente em curto prazo, apresenta limitações relacionadas à persistência e aos efeitos sobre plantas, restringindo seu uso em áreas de maior sensibilidade ecológica ou agrícola. Ainda assim, pode ser empregado em situações emergenciais ou em aceiros de curta duração (LIMA et al., 2020).

Tabela 2. Avaliação de aceiros químicos para combate indireto de incêndios em experimentos controlados.

Produto	Condições de aplicação (concentração / volume)	Tipo de experimento / combustível	Resultados (medidas experimentais)	Referência
Phos-Chek WD-881	Soluções 0,1–1,0%; cobertura operacional 0,3–1,2 L·m ⁻² .	Ensaios laboratoriais e operacionais em vegetação e celulose.	Redução da propagação e comprimento de chamas.	PERIMETER SOLUTIONS (2020)
Phos-Chek	Concentração 0,134	Queimas	Redução de ~44%	RIBEIRO et



(longa duração)	kg·L ⁻¹ ; volumes 0,3–1,2 L·m ⁻² .	controladas em <i>Brachiaria decumbens</i> .	(0,3 L·m ⁻²) até ~96% (1,2 L·m ⁻²) na propagação.	al. (2006)
Hold Fire®	Aplicações foliares e em substrato; concentrações variadas.	Ensaio de germinação e queimas em pequenas parcelas.	Redução expressiva da propagação do fogo; efeitos fitotóxicos variáveis.	LIMA et al. (2020)
NutriGel / polímeros hidroretentores	Concentrações variáveis; volumes 1,0–2,0 L·m ⁻² .	Parcelas 1×1 m; medição de ignição, propagação e consumo.	Aumento da umidade do combustível; atraso na ignição; efeito dependente da dose.	SOUZA (2012)
Hidrogéis (comparados a Phos-Chek e Hold Fire)	Diferentes concentrações e tempos pós-aplicação.	Ensaio laboratoriais e de campo.	Retardantes químicos mais eficazes; gel com efeito variável conforme dose e tempo.	LIMA et al. (2020)
Phos-Chek (uso operacional, Austrália/EUA)	Cobertura média 0,3–0,8 L·m ⁻² ; em alguns casos até 4 L·m ⁻² .	Relatórios de campo e estudos operacionais.	Volumes 0,3–0,8 L·m ⁻² geralmente suficientes; volumes maiores ampliam eficácia.	FFM VICTORIA (2019)
Phos-Chek / Hold Fire (toxicidade ambiental)	Testes em várias concentrações.	Ensaio ecotoxicológicos em plantas, peixes e invertebrados.	Alguns retardantes apresentam toxicidade aquática; recomendação de cautela em corpos d'água.	USDA Forest Service (2011)
Phos-Chek / Hold Fire / NutriGel	Volumes 0,3–2,0 L·m ⁻² ; concentrações variáveis.	Ensaio de campo com <i>Eucalyptus</i> e gramíneas.	Correlação positiva entre volume aplicado e redução da intensidade; volumes ≥1,2 L·m ⁻² levaram à extinção local das chamas.	XIMENES (2021)

Fonte: Lucas Macedo (2025).



Hidrogéis e polímeros hidroretentores (NutriGel), aplicados em volumes de 1,0 a 2,0 L·m⁻², retardaram a ignição e reduziram a velocidade de propagação do fogo devido à retenção de umidade no combustível. No entanto, a eficácia variou de acordo com a concentração e o volume aplicados (SOUZA, 2012). Em estudos comparativos, os géis apresentaram desempenho inferior aos retardantes químicos, com maior influência do tempo decorrido após a aplicação (LIMA et al., 2020). Apesar disso, constituem alternativas com menor persistência ambiental, sobretudo em áreas onde se busca reduzir o uso de substâncias químicas de longa duração. A aplicação é mais adequada em aceiros preventivos do que no combate direto a incêndios de alta intensidade (SOUZA, 2012; LIMA et al., 2020).

No contexto brasileiro, estudos experimentais confirmam maior eficácia com volumes superiores a 1,2 L·m⁻², o que evidencia a necessidade de adequar as estratégias de aplicação às características do combustível e às condições climáticas locais. Assim, a combinação entre retardantes químicos e hidrogéis pode otimizar a eficiência no controle do fogo e reduzir impactos ambientais (RIBEIRO et al., 2006; XIMENES, 2021).

Entretanto, aplicações em altas doses de retardantes químicos podem gerar efeitos adversos ao ambiente, principalmente a organismos aquáticos, o que requer cautela em áreas próximas a corpos d'água (USDA Forest Service, 2011). Esse aspecto reforça a importância de protocolos de aplicação e do desenvolvimento de Procedimentos Operacionais Padrão que previnam o contato com cursos d'água e áreas de preservação, além da necessidade de avaliação prévia de risco ambiental (USDA Forest Service, 2011).

Os aceiros verdes consistem na implantação de espécies vegetais de baixa inflamabilidade e risco reduzido de impactos ambientais. Pesquisas no Cerrado identificaram plantas como *Vochysia thyrsoidea*, *Palicourea rigida* e *Lavoisiera bergii*, que apresentam elevada umidade foliar e menor calor de combustão, funcionando como barreiras contra o fogo (SOUZA; VALE, 2019). Análises físico-químicas confirmaram o desempenho da *Palicourea rigida*, devido ao seu elevado teor de umidade e baixa taxa de combustão (SOUZA; VALE, 2019).

O tempo de queima (residence time) é um parâmetro utilizado para avaliar a severidade e a duração da combustão em diferentes tipos de vegetação. Trata-se do período em que o combustível permanece em combustão ativa, diretamente



relacionado ao teor de umidade, à carga de biomassa e à taxa de propagação do fogo (PAUSAS; MOREIRA, 2012; MENDES et al., 2020). Segundo Butler et al. (2004), o parâmetro pode ser estimado pela razão entre a profundidade da frente de chama (flame depth) e a taxa de propagação do fogo (rate of spread – ROS).

Aplicando essa equação aos resultados obtidos em Roraima, com velocidade média de propagação de $0,0054 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (JESUS et al., 2023) e profundidade de chama estimada em 0,50 m, o residence time foi de aproximadamente 92,6 segundos (cerca de 1,5 minuto). Esse valor indica que, mesmo em cenários de propagação lenta, a exposição prolongada do combustível à chama pode aumentar a severidade da queima local. Estudos conduzidos em ecossistemas savânicos e no Cerrado relatam tempos de combustão entre 60 e 150 segundos, com intensidades de 240 a $1.083 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-1}$ e consumo de 60% a 98% da biomassa disponível (MIRANDA et al., 1993; COUTINHO, 1990; SANTOS et al., 2020).

Os principais parâmetros que influenciam o tempo de queima e que devem ser relatados em estudos comparativos estão sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros mínimos a relatar por tipo de vegetação/parcela.

Parâmetro	Unidade	Descrição
Tipo de vegetação	–	Classificação da fitofisionomia (ex.: pastagem, cerrado, floresta secundária).
Carga de combustível	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	Massa de biomassa disponível para combustão por unidade de área.
Profundidade do leito combustível	m	Espessura da camada de material combustível.
Umidade do combustível	%	Teor de umidade de combustíveis finos (1h, 10h) e vivos.
Taxa de propagação (ROS)	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Velocidade média de avanço da frente de fogo.
Profundidade da chama (flame depth)	m	Espessura da zona em combustão ativa.
Residence time (tempo de queima)	s	Tempo de exposição do combustível à chama direta (flame_depth / ROS).
Comprimento/altura da chama	m	Dimensão vertical das chamas observadas.
Percentual de combustível consumido	%	Proporção da biomassa inicial efetivamente queimada.
Intensidade do fogo	$\text{kW}\cdot\text{m}^{-1}$	Energia liberada por unidade de comprimento da frente



		de fogo.
Calor de combustão	$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	Valor energético liberado por unidade de massa de combustível.

Fonte: Adaptado por Lucas Macedo (2025) de Butler et al. (2004), Scott e Reinhardt (2001), Miranda et al. (1993).

No contexto amazônico, práticas agrícolas tradicionais ainda representam risco de ignição acidental. Levantamentos em Novo Progresso (PA) indicaram que 95% dos agricultores familiares utilizam aceiros, mas apenas 10% realizam manutenção mecanizada; a maioria faz limpeza manual ou não realiza manutenção, o que reduz a eficiência dessas estruturas (SANTOS et al., 2018). Essa situação aponta para a necessidade de protocolos padronizados do CBMAM, em parceria com comunidades locais.

Experiências internacionais evidenciam a relevância da participação social na aceitação e na eficácia das estratégias de manejo do fogo. Pesquisas na Austrália demonstraram que a percepção de risco de incêndios por parte dos proprietários rurais é influenciada por fatores sociais e econômicos, o que impacta a adoção de medidas preventivas, como o manejo de combustíveis e as queimadas prescritas (McKENZIE et al., 2012). Nesse cenário, a colaboração entre comunidades e agências governamentais foi identificada como fator determinante para o êxito das ações, como descrito por Toman et al. (2014), que destacam a governança participativa como componente central da gestão de paisagens propensas ao fogo.

A dimensão econômica também exerce papel decisivo, visto que a adoção e a continuidade das práticas de manejo dependem não apenas do engajamento social, mas também da viabilidade financeira das intervenções. Assim, a análise do impacto econômico da implementação de aceiros padronizados deve considerar conjuntamente os custos de implantação e manutenção e os prejuízos evitados pela redução de incêndios.

Estudos apontam que, apesar do investimento inicial, a prática apresenta retorno positivo em termos de perdas evitadas. Oliveira et al. (2021) analisaram programas de manejo do fogo no Brasil e identificaram custos médios de prevenção em unidades de conservação da Amazônia próximos de $\text{US\$ } 0,51\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, enquanto no Cerrado os valores foram de $\text{US\$ } 5,32\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.



Em propriedades privadas, onde há maior pressão produtiva, os gastos médios com prevenção e supressão somaram aproximadamente US\$ 15,89·ha⁻¹·ano⁻¹, o que indica maior aporte do setor privado em comparação ao setor público.

No caso da implantação direta de aceiros, levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com a The Nature Conservancy estimou que o custo médio de construção manual na Amazônia é de aproximadamente R\$ 1,50 por metro linear, ou cerca de R\$ 1.500,00 por quilômetro (TNC; IPEA, 2016). Esse valor pode variar em função do grau de mecanização, da logística de transporte e da necessidade de manutenção periódica, mas constitui parâmetro de referência para comparações.

Quando comparados aos prejuízos econômicos decorrentes dos incêndios, esses custos são proporcionalmente baixos. O Banco Mundial (World Bank, 2025) estimou que os incêndios florestais registrados no Brasil em 2024 resultaram em perdas econômicas de cerca de US\$ 36 bilhões, correspondentes a aproximadamente 1,5% do Produto Interno Bruto nacional. Esse montante inclui danos diretos à produção agropecuária, impactos na saúde pública e perdas relacionadas às emissões de carbono e à degradação dos serviços ecossistêmicos. De forma semelhante, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) registrou prejuízos anuais de centenas de milhões de reais apenas no estado do Amazonas, incluindo R\$ 183 milhões em 2019 (INPE, 2020).

Esses resultados demonstram que o investimento em aceiros padronizados e em estratégias integradas de manejo do fogo apresenta custo-benefício favorável, já que os valores aplicados na prevenção representam fração reduzida em relação aos prejuízos totais dos incêndios. Além disso, reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas à alocação de recursos em ações preventivas, associadas a protocolos padronizados e à participação comunitária, com o objetivo de ampliar a eficiência econômica e ambiental da gestão do fogo na Amazônia.

Assim, os dados indicam que os aceiros, planejados e mantidos segundo padrões técnicos, podem reduzir a área queimada e os impactos ambientais e sociais. No caso do Amazonas, a adoção de um Procedimento Operacional Padrão (POP) específico para aceiros pelo CBMAM pode aumentar a eficiência das ações preventivas e otimizar o uso de recursos humanos e tecnológicos, contribuindo para a resiliência comunitária e para a conservação dos ecossistemas florestais.



5. Considerações Finais

Os aceiros constituem uma medida eficaz para a prevenção e o controle de incêndios florestais na Amazônia, contribuindo para a proteção da biodiversidade e para a segurança das comunidades locais. A revisão de literatura demonstrou que a eficiência dos aceiros está associada a fatores como largura, manutenção periódica e integração com outras práticas de manejo do fogo. Estudos que utilizaram espécies nativas de baixa inflamabilidade também evidenciam o potencial dos aceiros verdes como alternativa de menor impacto ambiental.

A identificação de parâmetros como carga de combustível, teor de umidade e tempo de queima possibilitou compreender o comportamento do fogo em diferentes tipos de vegetação, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento de ações preventivas. No campo econômico, verificou-se que, embora a implantação de aceiros exija investimentos iniciais, os custos são inferiores aos prejuízos gerados por incêndios de grande escala, os quais acarretam perdas produtivas, ambientais e sociais relevantes.

A padronização da construção e manutenção dos aceiros, associada a protocolos técnicos claros, participação comunitária e integração com políticas públicas de prevenção, pode fortalecer a capacidade de resposta do Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas e de instituições de gestão ambiental. Essa abordagem contribui para a redução dos riscos de incêndios e otimiza o uso de recursos financeiros e ambientais, alinhando-se aos princípios do manejo florestal sustentável.

6. Referências

ALMEIDA, A. S.; SILVA, J. M. C.; CARVALHO, J. A. Aceiros e práticas agropecuárias na prevenção de incêndios florestais na Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 245-256, 2016.



ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 536, 2018.

ARTAXO, P.; MARTINS, J. A.; PEREIRA, G. Impactos das queimadas na saúde pública na Amazônia. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, p. 1–15, 2023.

BARLOW, J. et al. Large-scale forest conservation efforts and biodiversity outcomes in the Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 6, p. 975-984, 2011.

BATISTA, A. C.; BIONDI, D. Aceiros verdes: uma alternativa sustentável no manejo do fogo em áreas de Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Florestal*, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2009.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Incêndios florestais: controle e uso do fogo. *Floresta*, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 189-201, 2003.

BOTEQUIM, B. et al. Modeling the potential effectiveness of prescribed fire and thinning treatments for reducing wildfire risk in Mediterranean ecosystems. *Forest Ecology and Management*, v. 294, p. 166-177, 2013.

BRANDO, P. M. et al. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 17, p. 6347-6352, 2014.

BRASIL. Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998. Regulamenta o uso do fogo em atividades agropastoris e florestais. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm.



BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

BUTLER, B. W. et al. Rate of spread, flame residence time and heat release rate of fires in ponderosa pine litter. *International Journal of Wildland Fire*, v. 13, p. 213-227, 2004.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. *Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais*. Belo Horizonte: Cemig, 2021.

CHUVIECO, E. et al. Integrated fire risk mapping. *Environmental Management*, v. 45, n. 5, p. 1141-1152, 2010.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. *Ecologia Mediterranea*, v. 16, p. 25-39, 1990.

ERKKILÄ, ANTTI; HERDIECKERHOFF, IDA; MUSTALAHTI, IRMELI; TUMAINI, UBALDUS J.; MARO, ARISTARIK H. *Ambiguity and forest-based bioeconomy: The case of forest fires in the Southern Highlands of Tanzania. Forest Policy and Economics*, vol. 160, 2024, artigo nº 103159.

FERNANDES, P. M.; BOTELHO, H. S. A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *International Journal of Wildland Fire*, v. 12, p. 117-128, 2003.

FERNANDES, R. B. A.; SILVA, J. A. da; OLIVEIRA, M. A. S. de. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 3, p. 278–287, 2011.

FIEDLER, N. C.; LUCAS, F. M. F.; LINHARES, L. K. G. Aceiros: função na prevenção e combate aos incêndios. *Revista Campo & Negócios*, 2020.



FIEDLER, N. C.; MERLO, M.; MEDEIROS, M. B. Avaliação das atividades de prevenção e combate a incêndios no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 2, p. 145-154, 2006.

FIEDLER, N. C.; MERLO, M.; MEDEIROS, M. B. Manejo integrado do fogo no Cerrado: desafios e avanços. *Biodiversidade Brasileira*, v. 9, n. 2, p. 36-49, 2019.

GALVÃO, T. F.; TIGUMAN, G. M. B.; SARKIS-ONOFRE, R. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 31, n. 2, e2022364, 2022.

HOFFMANN, W. A. et al. Ecological thresholds at the savanna–forest boundary. *Ecology Letters*, v. 15, n. 7, p. 759–768, 2012.

ICMBio. *Plano de Manejo Integrado do Fogo 2023–2027*. Brasília: Instituto Chico Mendes, 2023.

INPE. *O prejuízo oculto do fogo*. São José dos Campos: INPE, 2020.

JESUS, J. B.; SOUZA, J. V.; PEREIRA, F. A. Eficiência de aceiros mecânicos em vegetação secundária de Roraima. *Revista Árvore*, v. 47, e470210, 2023.

LEPAGE, M.; LECOMTE, N.; RENAUD, P. Firebreaks and prescribed burns: tools for managing African savannas. *Journal of Environmental Management*, v. 151, p. 57–64, 2015.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. A. Amazon tipping point: last chance for action. *Science Advances*, v. 5, n. 12, eaba2949, 2019.

McKENZIE, D. et al. Fire and Community: The Role of Social and Economic Factors in Wildfire Risk Perception and Mitigation. *International Journal of Wildland Fire*, v. 21, n. 4, p. 339-350, 2012.



MARENGO, J. A. et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: Current and future variability and trends. *Frontiers in Earth Science*, v. 6, p. 228, 2018.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios em Unidades de Conservação do Brasil: revisão histórica. *Ciência Florestal*, v. 14, n. 2, p. 117-128, 2004.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais em Unidades de Conservação: causas e consequências. *Ciência Florestal*, v. 13, n. 2, p. 45-55, 2003.

MENDES, C. R. et al. Caracterização físico-química de combustíveis florestais do Cerrado. *Floresta e Ambiente*, v. 27, n. 3, e20190056, 2020.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. G.; SOARES, R. V. Fire characteristics and biomass consumption in a cerrado during prescribed burns. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 16, p. 47-55, 1993.

MIRENDA, J.; SMITH, K.; LEE, H. Técnicas de combate a incêndios florestais. *Journal of Wildland Fire Science*, v. 22, n. 4, p. 345–359, 2012.

MORITZ, M. A. et al. Learning to coexist with wildfire. *Nature*, v. 515, n. 7525, p. 58–66, 2014.

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. C. Florestas de transição: barreiras naturais ao fogo na Amazônia Oriental. Belém: Imazon, 1994.

NEPSTAD, D. et al. Slowing Amazon deforestation through public policy. *Science*, v. 344, n. 6188, p. 1118–1123, 2014.

OLIVEIRA, A. S. et al. Costs and effectiveness of public and private fire management programs. *Forest Policy and Economics*, v. 127, p. 102447, 2021.

PAUSAS, J. G.; MOREIRA, B. Flammability as a biological concept. *New Phytologist*, v. 194, p. 610-613, 2012.



RAMOS, P. N.; PEREIRA, R. S.; OLIVEIRA, L. M. Avaliação da efetividade de aceiros em Unidades de Conservação. *Revista Cerrados*, v. 16, n. 2, p. 55-70, 2018.

REDDINGTON, C. L. et al. Global climate impacts of wildfires. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 15, p. 1327–1342, 2015.

RODRIGUES, F.; ALMEIDA, L.; COSTA, M. Aplicações de inteligência artificial no monitoramento de incêndios. *Revista de Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 28, n. 2, p. 45–60, 2022.

RUSSELL-SMITH, J. et al. Managing fire regimes in north Australian savannas. *Ecological Applications*, v. 23, n. 5, p. 1293–1305, 2013.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G.; ASNER, G. P. Uso de drones no monitoramento de incêndios. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v. 49, n. 3, p. 567–580, 2021.

SANTOS, R. L. et al. Caracterização do comportamento do fogo em áreas de campo limpo. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 1, p. 1-12, 2020.

SCOTT, J. H.; REINHARDT, E. R. *Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior*. USDA Forest Service, 2001.

SENAR. *Manual técnico: prevenção e combate a incêndios florestais*. Brasília: SENAR, 2017.

SILVA, J. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, M. A. S. Análise dos padrões de incêndios florestais no Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 1, p. 123–132, 2020.

SILVEIRA, M. et al. Fire dynamics in the Amazon: The impact of deforestation and climate change. *Journal of Applied Ecology*, v. 58, n. 4, p. 732-744, 2021.



SOARES, G. A.; BATISTA, G. T. Effects of forest fires on air quality and human health in the Amazon region. *Revista Brasileira de Saúde e Meio Ambiente*, v. 10, n. 3, p. 45-58, 2007.

SOUZA, A. L. T.; VALE, A. T. Flammability of native species from Brazilian cerrado for green firebreaks. *Floresta e Ambiente*, v. 26, e20170159, 2019.

STRADA, E. et al. The economic costs of deforestation in the Amazon. *Nature Sustainability*, v. 3, n. 9, p. 689–696, 2020.

THE NATURE CONSERVANCY; IPEA. *Economia da restauração florestal no Brasil: estimativas de custos por hectare*. Brasília: TNC/IPEA, 2016.

TOMAN, E. et al. The Role of Collaborative Governance in Wildfire Management: Case Studies from the United States. *Journal of Forestry*, v. 112, n. 1, p. 29-37, 2014.

TORRES, F. T. P. et al. *Manual de prevenção e combate de incêndios florestais*. Viçosa: Os Editores, 178p., 2020.

VAN DER WERF, G. R. et al. Global fire emissions estimates during 1997–2016. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 17, n. 5, p. 2765-2780, 2017.

WORLD BANK. *Consequences of the 2024 Fires in Brazil: A Rapid Valuation of Damages*. Washington, DC: World Bank, 2025. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099090225110518290/pdf/P180939-a3114dd5-ca5a-4a87-913c-3773ebe6a76f.pdf>.

XIMENES, E. S. O. C.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; SILVA, K. N. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; NOGUEIRA, H. Efeitos de retardantes de fogo sobre a emergência e crescimento inicial de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos e *Tabebuia rosealba* (Ridl.) Sandwith. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 367-392, jan./mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509843260>.





Apêndice A – Procedimento Operacional Padrão para implementação de aceiros no Amazonas.



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO AMAZONAS PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)

IMPLEMENTAÇÃO DE ACEIROS

Processo nº _____

Publicado em ___/___/___

Atualizado em ___/___/___

FINALIDADE DO POP

Estabelecer diretrizes para a construção, manutenção e monitoramento de aceiros como medida preventiva contra incêndios florestais na Amazônia, considerando as características regionais (vegetação, solo, clima e logística), visando à proteção da vida, do meio ambiente e do patrimônio.

Profissional de Segurança Pública
Bombeiro Militar

1. RESULTADOS ESPERADOS

- Reduzir a propagação de incêndios florestais em comunidades ribeirinhas, áreas de estrada e zonas de produção agrícola.
- Padronizar dimensões, tipologia e técnicas de aceiros para diferentes biomas amazônicos.
- Garantir a segurança da guarnição e da comunidade envolvida.
- Minimizar impactos ambientais por meio do uso de técnicas



sustentáveis (aceiro verde, curvas de nível).

- Promover a participação comunitária e reduzir custos de combate.

2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS RECOMENDADOS

1. Obrigatórios por guarnição:

- EPI completo (capacete, luvas, botas, óculos, protetor auricular).
- Ferramentas manuais (enxadas, foices, pás, facões, roçadeiras).
- Soprador costal (mínimo 1 para cada 4 bombeiros militares ou civis).
- Rastelos (ancinhos).
- GPS portátil ou aplicativo de navegação offline.
- Rádio comunicador com alcance mínimo de 5 km.
- Kit de primeiros socorros e material de hidratação.

2. Complementares (quando disponíveis):

- Trator de esteira ou motoniveladora (em áreas acessíveis por estrada).
- Drones para reconhecimento aéreo.
- Bombas costais para resfriamento do terreno.
- Material de sinalização (fitas, estacas, placas).

3. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

1. Planejamento

- Identificar áreas prioritárias: comunidades, áreas agrícolas, margens de estradas, trilhas de acesso e áreas protegidas.
- Definir a largura do aceiro conforme o tipo de vegetação:
 - Campo e capoeira: mínimo de 3 m.
 - Floresta secundária (capoeirão): 5–7 m.
 - Floresta densa de terra firme: 8–10 m.
 - Áreas de várzea: 4–6 m, observando regime de cheias.



- Realizar contato prévio com líderes comunitários.
- Registrar autorização ou ciência do órgão ambiental local, salvo em situações emergenciais.
- Elaborar croqui ou mapa georreferenciado.

2. Construção

2.1 Procedimentos para a construção

- Remover manualmente a vegetação rasteira e material combustível (folhas secas, galhos).
- Utilizar sopradores costais e/ou rastelos (ancinhos) para limpeza fina.
- Em terrenos inclinados, adotar curvas de nível para evitar erosão.
- Implantar aceiros verdes próximos a áreas habitadas ou de cultivo, usando espécies nativas de baixa inflamabilidade (**necessário estudos da inflamabilidade das plantas e do apoio de profissionais da área florestal da região ou do conhecimento popular local na identificação das espécies**).
- Solo Mineral: O objetivo principal da construção é a exposição total do solo mineral ao longo de toda a largura definida no Planejamento (Item 1), para garantir a interrupção física da propagação do fogo.
- Fundamento das Dimensões (Carga de Combustível): A largura do aceiro deve ser rigorosamente mantida, pois foi dimensionada com base na Carga de Combustível (volume de material inflamável) da vegetação local:
 - 3 metros (Campo e Capoeira Rala): Largura mínima eficiente para deter fogo de superfície com baixa intensidade.
 - 5 a 7 metros (Floresta Secundária/Capoeirão): Necessidade de maior faixa de segurança devido à altura das chamas e risco moderado de salto de faíscas.
 - 8 a 10 metros (Floresta Densa de Terra Firme): Exigência de máxima separação devido à alta carga de combustível, calor radiante e potencial risco de ignição a longa distância.



2.2 Protocolo de Aceiro Queimado (Fogo Controlado)

Quando a técnica de Queima Controlada for o método de escolha para atingir a largura máxima (8–10 m), o procedimento deve ser autorizado pelo Oficial responsável e está sujeito ao cumprimento **OBRIGATÓRIO** dos seguintes critérios de segurança e operacionais:

1. Condições Climáticas: O procedimento é permitido apenas quando a Umidade Relativa do Ar for superior a 60% e a velocidade do vento for inferior a 10 km/h.
2. Linhas de Segurança: Abrir previamente uma linha de aceiro a frio (manual/mecânico) de no mínimo 1 metro de largura no perímetro a ser queimado, isolando a área do combustível externo.
3. Comunicação: O Comandante da Guarnição deve informar o COBOM, as comunidades vizinhas e aos órgãos responsáveis antes de iniciar o fogo, permanecendo em contato via rádio comunicador.
4. Recursos e Rescaldo (*MOP-UP*): Manter no mínimo dois bombeiros militares ou bombeiros civis, preparados previamente, dedicados ao controle da linha do fogo (*MOP-UP*) com abafadores e sopradores costais, prontos para o rescaldo imediato e contenção de qualquer fuga.

3. Manutenção

- Inspeções periódicas antes e durante o período seco (maio a setembro).
- Refazer limpeza após ventanias e quedas de galhos.
- Reforçar aceiros a cada 30 dias na estiagem.
- Substituir vegetação invasora por espécies nativas resistentes ao fogo.

4. Monitoramento

- Registrar coordenadas no GPS e fotos georreferenciadas.
- Compartilhar informações com CBMAM e órgãos ambientais via



relatórios digitais.

- Quando disponível, integrar dados de satélite (INPE, IBAMA) e drones.
- Estimular vigilância comunitária, com pontos de observação locais.

4. POSSIBILIDADES DE ERRO

- Definir largura inadequada para o tipo de vegetação.
- Deixar material combustível acumulado na faixa limpa.
- Não realizar manutenção preventiva no período crítico.
- Falta de comunicação entre equipes em campo.
- Não considerar fatores climáticos (ventos, baixa umidade).

5. FATORES COMPLICADORES

- Distâncias extensas e acesso predominantemente fluvial.
- Limitação de comunicação via rádio em áreas remotas.
- Clima extremo (umidade elevada e calor intenso).
- Presença de fauna potencialmente perigosa (insetos, serpentes, onças).
- Dificuldade de transporte de máquinas pesadas em áreas de várzea.

6. SEGURANÇA DA EQUIPE

- Hidratação a cada 60 minutos e pausas programadas.
- Rota de evacuação pré-definida.
- Avaliação constante da direção dos ventos.
- Supervisão por chefe de guarnição com treinamento em incêndios florestais.



- Registro de todos os participantes e equipamentos antes e depois da operação.

7. GLOSSÁRIO

Aceiro Verde: Faixa de terreno ocupada por espécies vegetais nativas de baixa inflamabilidade.

Curvas de nível: Técnica de construção de faixas acompanhando a topografia para reduzir erosão.

Material combustível fino: Folhas, capim seco e galhos finos que inflamam rapidamente.

Zona de amortecimento: Área de proteção próxima a comunidades, onde os aceiros são prioritários.

8. BASE LEGAL E REFERENCIAL

- Constituição da República Federativa do Brasil;
- Lei nº 12.651/2012 – Código Florestal;
- Decreto nº 2.661/1998 – Uso do fogo em atividades agropastoris;
- Manual de Combate a Incêndios Florestais – CBPMESP (2006);
- Manual de Fundamentos Bombeiro Militar – CBMAM (2022);
- Decreto nº 2.661/1998 – Regulamenta o uso do fogo em práticas agropastoris e florestais.
- Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal) – Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e disciplina o uso do fogo.
- Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (PNMIF) – Instituída pela Lei nº 11.284/2006 e regulamentada em 2020, define diretrizes para prevenção, uso controlado e combate ao fogo.
- Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo/IBAMA) – Programa federal coordenado pelo IBAMA para prevenção, monitoramento e combate a incêndios florestais.
- Manejo Integrado do Fogo – IBAMA/Prevfogo (2020) – Diretrizes



técnicas para prevenção, queima prescrita, brigadas e monitoramento.

- Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – INPE/IBAMA (1998) – Documento técnico com normas para aceiros, quebra-fogos, vigilância e monitoramento.
- Manual de Fundamentos Bombeiro Militar – CBMAM (2022) – Normas e fundamentos técnicos aplicáveis ao estado do Amazonas.
- Sistema de Informações sobre Fogo – SisFogo (IBAMA, 2019) – Banco de dados nacional para registro de uso controlado do fogo e ocorrências de incêndios.
- Programa Queimadas/INPE – Diretrizes de monitoramento via satélite, alertas de queimadas e mapeamento de risco.
- Diretrizes de Fiscalização e Prevenção de Incêndios Florestais – IBAMA (2021) – Recomendações de fiscalização, prevenção e monitoramento integrados.

9. FLUXOGRAMA



