

Nível de Referência de Emissões Florestais Nacional do Brasil para Pagamentos por Resultados de REDD+ no Âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

Submissão modificada

**Brasília, DF
Março de 2024**

Conteúdo

1. Lista de siglas e glossário	10
--------------------------------------	----

2.	Introdução	12
3.	Informações utilizadas na elaboração do FREL nacional do Brasil	12
3.1.	Biomassas do Brasil	12
3.2.	Definição de floresta	15
3.3.	Florestas manejadas	21
3.4.	Mapa da vegetação nativa pretérita e dados de biomassa	22
3.5.	Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil	26
3.5.1.	Descrições das alterações nos níveis de referência de emissões florestais e/ou níveis de referência florestais submetidos anteriormente	30
3.5.2.	Possíveis aprimoramentos futuros	31
3.6.	Bioma Amazônia	41
3.6.1.	Dados de atividade	41
3.6.2.	Fatores de emissão	41
3.7.	Bioma Cerrado	45
3.7.1.	Dados de atividade	45
3.7.2.	Fatores de emissão	45
3.8.	Bioma Caatinga	48
3.8.1.	Dados de atividade	48
3.8.2.	Fatores de emissão	48
3.9.	Bioma Mata Atlântica	49
3.9.1.	Dados de atividade	49
3.9.2.	Fatores de emissão	49
3.10.	Bioma Pampa	51
3.10.1.	Dados de atividade	51
3.10.2.	Fatores de emissão	51
3.11.	Bioma Pantanal	52
3.11.1.	Dados de atividade	52
3.11.2.	Fatores de emissão	53
4.	Informações metodológicas utilizadas na elaboração do FREL nacional do Brasil	54
4.1.	Papel do Grupo de Trabalho Técnico sobre MRV de REDD+	54
4.2.	Estimativa do FREL nacional do Brasil	54
4.2.1	Emissões por desmatamento e degradação florestal	54
4.2.2.	Aumento dos estoques de carbono florestal	57
4.3.	Equações utilizadas na elaboração do FREL nacional do Brasil	57
4.3.1.	Emissões brutas por desmatamento	58
4.3.2.	Emissões brutas provenientes de degradação por fogo	59
4.3.3.	Emissões brutas provenientes de degradação por corte seletivo desordenado	60
4.3.4.	Remoções de carbono da categoria de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”	60
4.3.5.	Aumento dos estoques de carbono florestal	61

4.3.6. Equações para estimativas de incertezas	61
4.3.7. FREL	63
5. Informações transparentes, completas, consistentes e acuradas	64
5.1. Transparência	64
5.2. Acurácia	64
5.2.1. Incerteza dos dados de atividade	64
5.2.2. Incerteza dos fatores de emissão	68
5.3. Completude.....	73
5.3.1. Arquivos vetoriais (<i>shapefiles</i>) dos dados de atividade	73
5.3.2. Geotiff (raster) dos dados de atividade	74
5.3.3. <i>Shapefiles dos cálculos</i>	74
5.3.4. Planilha de cálculo	75
5.4. Consistência	76
5.4.1. Consistência com o mais recente Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa	76
5.4.1.1. Alterações nos limites geográficos dos biomas	77
5.4.1.2. Implicações do uso da UMM de 1 ha na estimativa da área desmatada no bioma Amazônia	82
5.4.2. Consistência com outras informações florestais reportadas internacionalmente pelo Brasil	83
6. Resultados	88
6.1. Bioma Amazônia	88
6.1.1 Emissões líquidas por desmatamento e degradação	88
6.1.2. Remoções e emissões por aumento dos estoques de carbono florestal	90
6.2. Bioma Cerrado	91
6.3. Bioma Caatinga	93
6.4. Bioma Mata Atlântica	95
6.5. Bioma Pampa	96
6.6. Bioma Pantanal	98
6.7. FREL nacional do Brasil	99
6.7.1. Emissões por desmatamento e degradação florestal	99
6.7.2 Aumento dos estoques de carbono florestal	100
6.8. Incertezas	102
7. Referências	105
8. Anexo: Informações adicionais	109
8.1. Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de desmatamento	109
8.2. Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de degradação florestal	111
8.2.1. Corte seletivo geométrico e desordenado	113
8.2.2. Cicatriz de queimada	114
8.3. Informações adicionais relacionadas às áreas de regeneração natural de florestas (vegetação secundária).....	115

8.3.1. Vegetação secundária – Amazônia	115
8.3.2. Vegetação secundária – Cerrado	115
8.4. Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Amazônia.....	116
8.4.1. Resultado de desmatamento – Bioma Amazônia	117
8.4.2. Resultado de degradação – Bioma Amazônia	126
8.4.3. Emissão líquida de GEE – Bioma Amazônia	129
8.5. Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Cerrado.....	132
8.5.1. Resultado de desmatamento – Bioma Cerrado	133
8.5.2. Emissão líquida de GEE – Bioma Cerrado	134
8.6. Descrição detalhada da estimativa das emissões /remoções de GEE nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal	137
8.7. Descrição detalhada da estimativa do FREL nacional	138
8.7.1. Descrição detalhada da estimativa das emissões por desmatamento e degradação florestal em todos os biomas	138
8.7.2. Descrição detalhada da estimativa de AECF no bioma Amazônia	139
8.8. Procedimentos de controle e garantia da qualidade.....	144
8.8.1. Controle de qualidade	144
8.8.2. Garantia da qualidade.....	150
8.9. Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores	151

Figuras

Figura 1 – Mapa dos biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil	14
Figura 2 - Representação pictórica de Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas – Bioma Amazônia	18
Figura 3 – Representação pictórica de Savana Arborizada – Bioma Cerrado.....	18
Figura 4 – Representação pictórica de Floresta Ombrófila Densa – Bioma Mata Atlântica	19
Figura 5 – Representação pictórica de contato Savana/Floresta Estacional – Bioma Caatinga.....	19
Figura 6 - Representação pictórica de Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas - Bioma Pampa.....	20
Figura 7 – Representação pictórica de Savana Estépica – Pantanal.....	20
Figura 8 – Florestas manejadas e não manejadas	22
Figura 9 – Mapa da vegetação nativa pretérita	23
Figura 10 – Distribuição dos transectos da primeira campanha de ALS, em vermelho	26
Figura 11 – Processo de “corte e queima” tipicamente utilizado no desmatamento da Amazônia e Cerrado.....	28
Figura 12 – Área queimada por bioma	37
Figura 13 – Exemplos de incêndios florestais em áreas de floresta densa	37
Figura 14 - Abordagem metodológica para estimar as emissões de GEE por desmatamento e degradação florestal	55
Figura 15 – Exemplo de amostra em cada bioma para estimativa de acurácia de mapeamento	66
Figura 16 – Áreas desmatadas na Caatinga “perdidas” para o bioma Cerrado (em vermelho) e as áreas	

de desmatamento herdadas do Cerrado (em verde) devido aos novos limites.....	80
Figura 17 – Impacto da inclusão de áreas desmatadas entre 1 ha e 6,25 ha nas estimativas de áreas desmatadas e emissões de GEE	83
Figura 18 – Emissões líquidas de GEE por desmatamento no bioma Amazônia (2016/2017 – 2020/2021)	89
Figura 19 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Amazônia (2016/2017 – 2020/2021).....	90
Figura 20 - Emissões líquidas de GEE por desmatamento no bioma Cerrado (2016/2017 - 2020/2021)	92
Figura 21 – Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Cerrado (2016/2017 – 2020/2021).....	93
Figura 22 – Emissões brutas de CO ₂ e desmatamento anual no bioma Caatinga (2016/2017 – 2020/2021).....	94
Figura 23 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Caatinga (2016/2017 - 2020/2021)	94
Figura 24 – Emissões brutas de CO ₂ e desmatamento anual no bioma Mata Atlântica (2016/2017 - 2020/2021)	95
Figura 25 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Mata Atlântica (2016/2017 – 2020/2021).....	96
Figura 26 – Emissões brutas de CO ₂ e desmatamento anual no bioma Pampa (2016/2017 – 2020/2021)	97
Figura 27 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Pampa (2016/2017 - 2020/2021)	97
Figura 28 – Emissões brutas de CO ₂ e desmatamento anual no bioma Pantanal (2016/2017 – 2020/2021)	98
Figura 29 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Pantanal (2016/2017 – 2020/2021)	99
Figura 30 – FREL nacional do Brasil para o período 2016-2017 / 2020-2021	100
Figura 31 - Emissões líquidas por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020	101
Figura 32 – Descrição geral da metodologia PRODES	109
Figura 33 – Ilustração da plataforma web SIG utilizada para validação de dados do DETER	112
Figura 34 – Exemplo de corte seletivo geométrico (acima) e corte seletivo desordenado (abaixo) no sistema DETER	114
Figura 35 – Exemplo de “cicatriz de queimada” no sistema DETER	114
Figura 36 – Fluxo de trabalho da Fase 1 no SIG para gerar os resultados de desmatamento, degradação e vegetação secundária utilizadas nas fases subsequentes	116
Figura 37 - Representação ilustrativa do resultado da planilha eletrônica da Fase 1	118
Figura 38 – Resultados das emissões até o ano de 2017, apresentados por fontes/atividades nos Resultados de Desmatamento	125
Figura 39 – Resultados de emissões por desmatamento bruto	126
Figura 40 – Procedimentos de QA e QC adotados/implementados durante a elaboração do FREL nacional do Brasil	144

Tabelas

Tabela 1 – Extensão dos seis biomas brasileiros e sua contribuição relativa para a área total do país	14
Tabela 2 – Fitofisionomias utilizadas no FREL nacional do Brasil	15
Tabela 3 – Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil	26
Tabela 4 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Amazônia e respectivos estoques de carbono por reservatório de carbono (média e intervalos – em tC/ha).....	41
Tabela 5 – Outros fatores de emissão e parâmetros utilizados no bioma Amazônia	43
Tabela 6 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Cerrado e os respectivos estoques de carbono (tC/ha)	45
Tabela 7 - Outros fatores de emissão e parâmetros utilizados no bioma Cerrado	46
Tabela 8 - Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Caatinga e os respectivos estoques de carbono.....	48
Tabela 9 - Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Mata Atlântica e os respectivos estoques de carbono	49
Tabela 10 - Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pampa e os respectivos estoques de carbono	51
Tabela 11 - Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pantanal e os respectivos estoques de carbono.....	53
Tabela 12 – Representação de possíveis trajetórias (recorrências) de corte desordenado e respectivo “fator de perda de biomassa” acima do solo	60
Tabela 13 – Distribuição de amostras por bioma e categoria	65
Tabela 14 – Matriz de erro para cada bioma e categoria	67
Tabela 15 – Matriz de acurácia para cada bioma e categoria	67
Tabela 16 – Intervalo de confiança e incerteza estimada para biomassa acima do solo nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal	68
Tabela 17 - Associação de cada fitofisionomia com a zona ecológica da Tabela 4.7 das Diretrizes do IPCC (2006)	69
Tabela 18 – Valores de incerteza para a biomassa abaixo do solo	70
Tabela 19 – Valores de incerteza para as remoções de carbono	71
Tabela 20 – Comparação entre as áreas geográficas definidas pelo IBGE (2019) e IBGE (2004) e a correspondente cobertura percentual dos biomas no território brasileiro	77
Tabela 21 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto, UMM de 6,25 ha, com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Amazônia	78
Tabela 22 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Cerrado	78
Tabela 23 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Caatinga	79
Tabela 24 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Mata Atlântica	81
Tabela 25 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Pampa	81
Tabela 26 – Emissões de CO ₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Pantanal	82

Tabela 27 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar estoques totais de carbono e emissões de CO ₂ relacionadas em Floresta Estacional Decidual no bioma Pampa, e as diferenças percentuais	86
Tabela 28 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar estoques totais de carbono e emissões de CO ₂ relacionadas em Floresta Estacional Semidecidual no bioma Pampa, e as diferenças percentuais	86
Tabela 29 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar estoques totais de carbono e emissões de CO ₂ relacionadas em Floresta Estacional Decidual no bioma Mata Atlântica, e as diferenças percentuais	86
Tabela 30 - Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com o uso de dados do IFN para estimar os estoques de carbono total e emissões de CO ₂ relacionadas em Floresta Estacional Semidecidual no bioma Mata Atlântica, e as diferenças percentuais	87
Tabela 31 – Remoções de CO ₂ e emissões de GEE associadas ao desmatamento bruto e à degradação no bioma Amazônia	88
Tabela 32 – Emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento e à degradação no bioma Amazônia	89
Tabela 33 – Remoções e emissões por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020	90
Tabela 34 - Área anual desmatada e as respectivas emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Cerrado.....	91
Tabela 35 – Emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Caatinga	93
Tabela 36 – Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Mata Atlântica	95
Tabela 37 - Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Pampa	96
Tabela 38 - Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Pantanal.....	98
Tabela 39 – FREL nacional do Brasil para o período 2016-2017 / 2020-2021	99
Tabela 40 – Emissões líquidas por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020	100
Tabela 41 – Incerteza das emissões brutas de CO ₂ por desmatamento	102
Tabela 42 – Incerteza das remoções de CO ₂ pelo uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” e das emissões de CO ₂ por degradação.....	103
Tabela 43 - Incerteza das emissões de CH ₄	103
Tabela 44 – Incerteza das emissões de N ₂ O	103
Tabela 45 – Incerteza das emissões líquidas	104
Tabela 46 – Incerteza das emissões líquidas, expressa como intervalo de 95% em torno da média	104
Tabela 47 – Período de seleção das imagens de satélite	110
Tabela 48 - Intervalo médio de dias considerado na seleção das imagens, para cada bioma e período de análise	110
Tabela 49 – Número de cenas analisadas em cada período anual da série histórica, para cada bioma	111
Tabela 50 – Resultado da Fase 1 “operações SIG” para o componente de desmatamento na Amazônia, que serve de entrada para as fases seguintes	117
Tabela 51 - Exemplo de emissões de GEE em uma área com trajetória que passa de degradação por fogo para o desmatamento	122

Tabela 52 – Principais parâmetros do resultado de degradação da Amazônia	126
Tabela 53 – Uso e cobertura da terra dentro do bioma Amazônia, de acordo com a série temporal TerraClass (ha)	129
Tabela 54 – Distribuição do uso/cobertura da terra na Amazônia, de acordo com a série temporal TerraClass (%)	130
Tabela 55 – Áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” no bioma Amazônia	130
Tabela 56 – Remoções anuais em áreas de uso/cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” - bioma Amazônia (tC)	131
Tabela 57 – Remoções anuais em áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” - bioma Amazônia (tCO ₂)	131
Tabela 58 – Remoções por uso da terra pós-desmatamento por ano – bioma Amazônia (tCO ₂) ..	131
Tabela 59 – Principais parâmetros de resultado de degradação do Cerrado	133
Tabela 60 – Uso e cobertura da terra dentro do bioma Cerrado, de acordo com a série temporal TerraClass (ha)	134
Tabela 61 – Distribuição do uso/cobertura da terra no Cerrado, de acordo com a série temporal TerraClass (%)	134
Tabela 62 – Áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” no bioma Cerrado	135
Tabela 63 – Remoções anuais em áreas de uso e cobertura da terra "pós-evento de desmatamento" – bioma Cerrado (tC)	136
Tabela 64 – Remoções anuais em áreas de uso e cobertura da terra "pós-evento de desmatamento" – bioma Cerrado (tCO ₂)	136
Tabela 65 – Remoções por uso da terra pós-desmatamento por ano – bioma Cerrado (tCO ₂)	136
Tabela 66 - Principais parâmetros de resultado de desmatamento nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal	137
Tabela 67 – Emissões médias anuais por bioma, em toneladas de CO ₂ eq	138
Tabela 68 – FREL nacional como a soma dos valores médios dos biomas	139
Tabela 69 – Remoções anuais pela regeneração da vegetação secundária	139
Tabela 70 – Tabela síntese apresentando a VS em 2014, com a respectiva idade e situação em 2020 (persistência ou perda)	140
Tabela 71 – Área de VS perdida em 2020, por categoria de idade	140
Tabela 72 – Interpolação linear para definir a perda anual de área de VS, de 2015 a 2020	141
Tabela 73 – Idade da VS no ano do evento de perda, de 2015 a 2020	141
Tabela 74 – Emissões de carbono por perda anual de VS, de 2015 a 2020	141
Tabela 75 – Emissões de CO ₂ por perda anual de VS, de 2015 a 2020	142
Tabela 76 – Área de VS perdida em 2014 e o ano em que essas áreas passaram a integrar a série temporal TerraClass	142
Tabela 77 – Área de VS perdida em 2013 e 2014 e a idade no evento de perda, de acordo com dados do TerraClass	143
Tabela 78 – Nível de referência de AECF para o bioma Amazônia	143
Tabela 79 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Amazônia	146

Tabela 80 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Cerrado	146
Tabela 81 - Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade - bioma Mata Atlântica	146
Tabela 82 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Caatinga	147
Tabela 83 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Pampa	148
Tabela 84 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Pantanal.....	149
Tabela 85 – Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores – FREL Amazônia A, B	151
Tabela 86 – Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores – FREL Amazônia C	152
Tabela 87 – Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores – FREL Cerrado	154

Boxes

Box 1 – Breve descrição da metodologia aplicada na elaboração do “mapa da vegetação nativa pretérita”	24
Box 2 – Breve descrição do projeto EBA	25
Box 3 – Principais programas brasileiros de monitoramento relevantes para esta submissão	29
Box 4 – Aumento dos estoques de carbono florestal (AECF)	32
Box 5– Degradação por fogo em florestas manejadas no Cerrado	34
Box 6 – Degradação por fogo em florestas manejadas em outros biomas	36
Box 7 – Redução dos estoques de carbono por corte seletivo geométrico	39
Box 8 – Carbono do solo	40
Box 9 – Participação do Brasil nas Avaliações Globais de Recursos Florestais (FRA)	84
Box 10 – Políticas e planos relevantes para REDD+	101

1. Lista de siglas e glossário

AGB – biomassa acima do solo: Toda a biomassa de vegetação viva, arbustiva e herbácea, acima do solo, incluindo troncos, tocos, galhos, casca, sementes e folhagem – IPCC (2006)

AD – dados de atividade: Dados sobre a magnitude de uma atividade humana que resulta em emissões ou remoções ao longo de um determinado período. Exemplos de dados de atividade incluem dados de áreas de terras, sistemas de manejo e uso de fertilizantes – IPCC (2006)

BGB – biomassa abaixo do solo: Toda a biomassa de raízes vivas. Raízes finas com diâmetro inferior a 2 mm (sugerido) costumam ser excluídas pois dificilmente se distinguem empiricamente da matéria orgânica do solo ou serapilheira – IPCC (2006)

COEAM – I Coordenação do Espaço da Amazônia do INPE

CCST – Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE

EBA: Estimativa de Biomassa na Amazônia. Projeto “Melhoria dos métodos de estimativa de biomassa e de modelos de estimativa das emissões por mudança de uso da terra” do CCST

AECF: Aumento dos estoques de carbono florestal

DIOTG – Divisão de Observação da Terra e Geoinformática do INPE

DW – madeira morta: Inclui toda a biomassa lenhosa não viva que não está contida na serapilheira, seja em pé, caída no solo ou incorporada ao solo. Madeira morta inclui madeira depositada na superfície, raízes mortas e tocos com diâmetro igual ou superior a 10 cm (ou o diâmetro especificado pelo país) – IPCC (2006)

DETER – Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real do INPE

Corte seletivo desordenado: Para os fins desta submissão, corte seletivo desordenado refere-se a atividades madeireiras em florestas naturais e que apresentam padrão desordenado (irregular), muito provavelmente resultantes de atividades ilegais de exploração madeireira

EF – fator de emissão: Coeficiente que quantifica as emissões ou remoções de um gás por atividade de unidade – IPCC (2006)

Degradação florestal: Para os fins desta submissão, refere-se à redução dos estoques de carbono em florestas que permaneceram florestas no bioma Amazônia, devido à ocorrência de fogo em florestas manejadas e ao corte seletivo desordenado

FRA: Avaliações Globais de Recursos Florestais

GTT MRV REDD+ – Grupo de Trabalho Técnico sobre Mensuração, Relato e Verificação de REDD+

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LI – serapilheira: Inclui toda a biomassa não viva com tamanho superior ao limite para matéria orgânica do solo (sugerido em 2 mm) e inferior ao diâmetro mínimo adotado para madeira morta (ex.: 10 cm), depositada morta, em diferentes estágios de decomposição, acima ou dentro do solo mineral ou orgânico. Isso inclui a camada de serapilheira conforme geralmente definida nas tipologias de solo. Raízes finas vivas localizadas acima do solo mineral ou orgânico (com diâmetro inferior ao limite mínimo adotado para biomassa abaixo do solo) são incluídas na serapilheira quando não podem ser distinguidas empiricamente dela – IPCC (2006)

MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

UMM - Unidade Mínima de Mapeamento: Menor tamanho que determina se uma feição é capturada a partir de uma imagem de sensoriamento remoto

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

PAMZ+ – Programa de Monitoramento da Amazônia e Outros Biomas

Fitofisionomias: Referem-se ao tipo de vegetação presente em determinado bioma. Cada bioma ou região possui fitofisionomias ou vegetação predominantes

PRODES – Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite do INPE

SINAFLO – Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais

SRTM – Missão Topográfica por Radar de Abertura Sintética do Ônibus Espacial (Shuttle Radar Topography Mission)

TACC – Transparência, Acurácia, Completude e Comparabilidade

TerraClass – Projeto de Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra

2. Introdução

É com satisfação que o Brasil recebe a oportunidade de apresentar um **nível de referência de emissões florestais (FREL) nacional** para avaliação técnica no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), no contexto de pagamentos por resultados de redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono florestal nos países em desenvolvimento (REDD+).

O Brasil já havia indicado em submissões anteriores que seu FREL nacional seria a soma dos FRELs de cada um dos seus seis biomas. A presente submissão representa o **FREL nacional do Brasil**.

O Brasil salienta que a apresentação de FRELs e/ou níveis de referência florestais (FRLs – *Forest Reference Levels*) e, subsequentemente, dos Anexos Técnicos ao Relatório Bienal de Atualização (BUR) e ao Relatório Bienal de Transparência (BTR) contendo os resultados de REDD+ obtidos, é voluntária e com fins exclusivos de obtenção e recebimento de pagamentos por resultados para atividades de REDD+, nos termos das decisões 13/CP.19, parágrafo 2, e 14/CP.19, parágrafos 7 e 8¹, e não interfere na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC – *Nationally Determined Contribution*) submetida pelo Brasil ao Acordo de Paris.

3. Informações utilizadas na elaboração do FREL nacional do Brasil

3.1. Biomas do Brasil

O FREL nacional do Brasil abrange os seis biomas do país:

- **Amazônia:** O bioma Amazônia é formado principalmente por formações florestais, com a ocorrência de pequenos enclaves de formações de savanas e campos. Considerada a maior floresta tropical do mundo, as fitofisionomias da Amazônia armazenam grande quantidade de carbono (ARAGÃO et al., 2014).
- **Cerrado:** Segundo maior bioma brasileiro, o Cerrado caracteriza-se pela acentuada distribuição sazonal de precipitação (com duas estações bem definidas: seca e chuvosa), o que resulta em vegetação adaptada ao estresse hídrico e às condições de fogo (RIBEIRO; WALTER, 2008). As fitofisionomias do Cerrado apresentam elevada heterogeneidade ambiental (campos naturais, formações arbustivas e formações florestais), resultando em alto índice de endemismo e diversidade de espécies, o que, aliado à forte pressão de conversão sobre os habitats naturais, situou o Cerrado entre os *hotspots* de biodiversidade global (MMA, 2002).
- **Caatinga:** O principal tipo de vegetação da Caatinga é a savana estépica, representada por diferentes formações fisionômicas (florestadas, arbóreas, parques, gramíneo-lenhosas) e formações de contato, formando mosaicos influenciados pela topografia e geomorfologia locais. Outras fitofisionomias ocorrem em áreas reduzidas (menos de 15% do bioma), devido à altitude e a proximidade com outros biomas, como a Mata Atlântica e o Cerrado (MCTI, 2015).

¹ Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2013/cop19/eng/10a01.pdf>

A heterogeneidade da vegetação (LUETZELBURG, 1922-23; DUQUE, 1980; ANDRADE-LIMA, 1981), bem como a variabilidade de chuvas e estresse hídrico, conferem ao bioma elevados níveis de diversidade e endemismo da fauna e flora (LEAL et al., 2005). Na Caatinga, a irregularidade das chuvas e os longos períodos de seca impactam diretamente a sobrevivência da população e os índices de produção agrícola, e a intensificação do processo de desertificação é identificada como uma de suas principais vulnerabilidades.

- **Mata Atlântica:** A Mata Atlântica é caracterizada principalmente por formações florestais, embora existam áreas de campos, savanas, restingas e manguezais (Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – relatório técnico, 2019). A Mata Atlântica também é considerada um *hotspot* de biodiversidade devido à perda e fragmentação de habitats, altos índices de endemismo e o grande número de espécies ameaçadas. Devido à sua história de uso e ocupação desde o período colonial, é o bioma que possui os menores percentuais de vegetação original, apesar do aumento das áreas em regeneração (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2019). Grande parte da área original do bioma deu lugar a lavouras agrícolas, desenvolvimento de indústrias, centros de extração de petróleo, áreas portuárias, além de ser onde vive a maior parte da população do país, situando a Mata Atlântica como responsável por 80% do PIB nacional (IBGE, 2012).
- **Pampa:** O Pampa é caracterizado principalmente pela presença de formações campestres, embora existam fitofisionomias florestais (florestas de galeria) e afloramentos rochosos. Atualmente, cerca de 51% da vegetação original dos campos foi perdida em decorrência de atividades antrópicas, ocupação e uso econômico (HASENACK et al., 2007). Outro ponto que destaca a singularidade do Pampa está relacionado à heterogeneidade de características decorrente da peculiaridade da vegetação, dos solos, das condições geológicas e geomorfológicas, dos aspectos hidrológicos e da ordem climática (BOLDRINI et al., 2010).
- **Pantanal:** De acordo com POTT & SILVA (2016) e SILVA et al. (2021), atualmente reconhece-se que o Bioma Pantanal é composto pela interseção de quatro grandes regiões fitoecológicas: Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Savana (Cerrado) e Savana Estépica (Chaco). Este bioma contém também elementos de Floresta Ombrófila, típica da Amazônia. Além disso, há os contatos florísticos e as formações pioneiras (sucessionais iniciais). A dinâmica de inundação no Pantanal está relacionada à precipitação de grande volume de água (entre dezembro e janeiro) na região do Planalto Central do bioma Cerrado e seu consequente escoamento para as planícies alagáveis, onde formam-se lagos, brejos e pântanos, resultando na inundação de parte de sua extensão (PADOVANI, 2017).

A área de cada bioma foi definida com base no “Mapa de Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil” (IBGE, 2019), que estabeleceu novos limites para os seis biomas brasileiros, compatíveis com a escala 1:250.000. A Figura 1 apresenta o mapa com a distribuição geográfica dos biomas brasileiros, elaborado pelo IBGE em 2019. A Tabela 1 mostra a área geográfica coberta por cada bioma e a respectiva contribuição percentual para a área nacional total (IBGE, 2019).

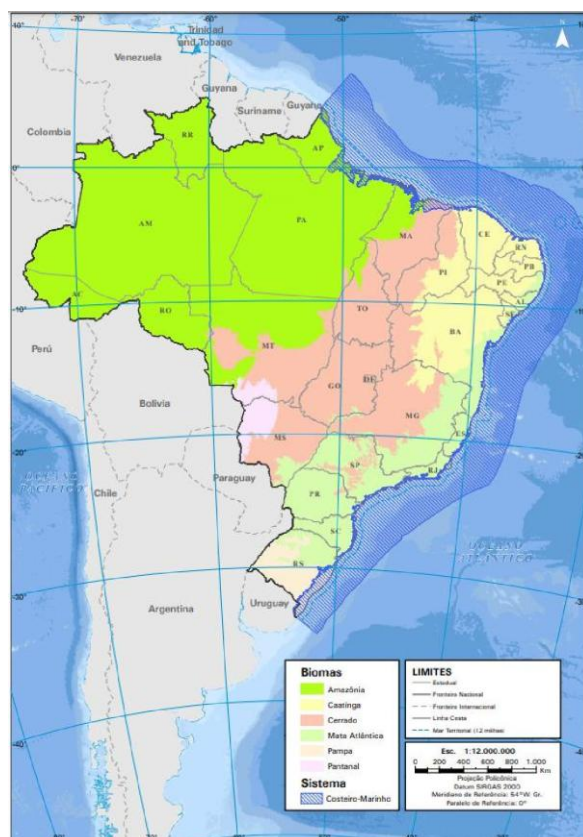


Figura 1 – Mapa dos biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil

OBS: [Sem tradução]

Fonte: IBGE, 2019

Tabela 1 - Extensão dos seis biomas brasileiros e sua contribuição relativa para a área total do país

Bioma	Área (ha)	Contribuição para a área nacional (%)
Amazônia	421.274.200	49,5
Cerrado	198.301.700	23,3
Caatinga	86.281.800	10,1
Mata Atlântica	110.741.900	13,0
Pampa	19.381.800	2,3
Pantanal	15.098.800	1,8
Total	851.080.200	100

OBS: Note-se que a área na Tabela 1 não inclui a área do sistema costeiro-marinho.

3.2. Definição de floresta

Para os fins desta submissão, a **definição de floresta** adotada é a mesma utilizada pelo Brasil em seu inventário mais recente de GEE (doravante denominado “4º Inventário Nacional de GEE” - Brasil, 2020) e na sua “Avaliação Global dos Recursos Florestais – FRA” (FAO, 2020). A definição é reproduzida abaixo:

“Área mínima de 0,5 hectares, com árvores de altura mínima de 5 metros e cobertura de copa mínima de 10 por cento, ou árvores capazes de atingir esses limites *in situ*. Não inclui áreas predominantemente utilizadas para fins agrícolas ou urbanos.”

A área florestal, conforme definida acima, compreende aquelas áreas com predomínio de espécies arbóreas e formação de dossel contínuo ou descontínuo. Dada essa definição abrangente, as formações florestais compreendem diversos tipos de fitofisionomias nos diferentes biomas brasileiros (Figuras 2 a 7). O FREL nacional do Brasil adota o sistema oficial de classificação da vegetação nativa do Brasil (NFMA – IBGE, 2012) e a categorização dessas fitofisionomias, sejam elas florestais ou não, é consistente com o 4º Inventário Nacional de GEE e com a FRA (**Tabela 2**). Ressalta-se que florestas plantadas (conforme apresentados na FRA) não estão incluídos nesta submissão do FREL nacional, que abrange apenas as florestas naturais em suas diferentes fitofisionomias.

Tabela 2 – Fitofisionomias utilizadas no FREL nacional do Brasil

4º Inventário Nacional de GEE	FRA	Classificação NFMA de uso / cobertura do solo	Tipologia da vegetação	Fitofisionomias	Siglas
Floresta (F)	Floresta (F)	Floresta Primária Sempre-Verde	Floresta Ombrófila Aberta	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	Aa
				Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Ab
				Floresta Ombrófila Aberta Montana	Am
				Floresta Ombrófila Aberta Submontana	As
		Floresta Primária Decidual	Floresta Decidual	Floresta Estacional Decidual Aluvial	Ca
				Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	Cb
				Floresta Estacional Decidual Montana	Cm
				Floresta Estacional Decidual Submontana	Cs
			Floresta Ombrófila Densa	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da
				Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Db
		Floresta Primária Sempre-Verde		Floresta Ombrófila Densa Montana	Dm
				Floresta Ombrófila Densa Submontana	Ds
		Arborizada	Estepe	Estepe	E
				Estepe Arborizada	Ea
		Contato	Zona de transição	Contato Estepe / Floresta Ombrófila Mista	EM
				Contato Estepe / Floresta Estacional	EN

				Contato Estepe / Formações Pioneiras	EP
		Floresta Primária Semidecidual	Floresta Primária Semidecidual	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Fa
				Floresta Estacional Semidecidual das Terras	Fb
				Floresta Estacional Semidecidual Montana	Fm
				Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Fs
		Floresta Primária Sempre-Verde	<i>Campinarana</i>	<i>Campinarana</i>	L
				Campinarana Florestada	La
				Campinarana Arborizada	Ld
		Contato	Zona de transição	Contato Campinarana / Floresta Ombrófila	LO
		Floresta Primária Sempre-Verde	Floresta Ombrófila Mista	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	Ma
				Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	MI
				Floresta Ombrófila Mista Montana	Mm
				Floresta Ombrófila Mista Submontana	Ms
		Contato	Zona de transição	Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista	NM
				Contato Floresta Estacional / Formações Pioneiras - Específico para Formação Pioneira com influência marinha (Restinga)	NP
				Contato Floresta Ombrófila Densa / Floresta Ombrófila Mista	OM
				Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	ON
				Contato Floresta Ombrófila / Formações Pioneiras - Específico para Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	OP
		Floresta Primária Sempre-Verde	Formação Pioneira	Áreas de Formações Pioneiras	P
				Formação Pioneira com Influência Fluviomarina (manguezais)	Pf
				Formação Pioneira com Influência Marinha (restingas)	Pm
		Floresta Primária Semidecidual		Savana	S
				Savana Arborizada	Sa
		Arborizada	Savana	Savana Florestada	Sd
		Contato	Zona de transição	Contato Savana / Floresta Ombrófila Mista	SM
				Contato Savana / Floresta Estacional	SN
				Contato Savana / Floresta Ombrófila	SO
				Contato Savana / Savana Estépica	ST
				Contato Savana / Savana Estépica / Floresta Estacional	STN
				Contato Savana / Savana-Estépica	ST
		Floresta Primária Semidecidual	Savana Estépica	Savana Estépica	T
				Savana Estépica Florestada	Td
		Arborizada	Savana Estepe	Savana Estépica Arborizada	Ta
		Contato	Zona de transição	Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	TN
Outras Formações Lenhosas (OFL)	Outras Formações Lenhosas (OFL)	Contato	<i>Campinarama</i>	Campinarama - arbustiva	Lb
		Floresta Primária Sempre-Verde	Palmeiral	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre	Pa

Outras formações	Campo (G)	Arborizada	Formações Pioneiras	Refúgios Alto-Montanos	Rl
				Refúgios Montanos	Rm
				Refúgios Submontanos	Rs
		Savana Arborizada	Savana	Savana - parque	Sp
			Savana	Savana Estépica - parque	Tp
		Campos Naturais	Estepe	Estepe - Gramíneo-Lenhosa	Eg
			Estepe	Estepe - Parque	Ep
			<i>Campinarama</i>	Campinarana – Gramíneo-Lenhosa	Lg
			Savana	Savana – Gramíneo-Lenhosa	Sg
			Savana Estépica	Savana Estépica - Gramíneo-Lenhosa	Tg
			Rochas	Outros Afloramentos Rochosos	Ar
			Dunas	Dunas	Dn

Fonte: Brasil, 2020



Figura 2– Representação pictórica de Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas – Bioma Amazônia

Fonte: FUNCATE / INPE



Figura 3 – Representação pictórica de Savana Arborizada – Bioma Cerrado

Fonte: FUNCATE / INPE



Figura 4 - Representação pictórica de Floresta Ombrófila Densa - Bioma Mata Atlântica

Fonte: FUNCATE WWF



Figura 5 - Representação pictórica de contato Savana/Floresta Estacional - Bioma Caatinga

Fonte: FUNCATE / INPE



Figura 6 – Representação pictórica de Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas – Bioma Pampa

Fonte: FUNCATE / INPE



Figura 7 – Representação pictórica de Savana Estépica – Bioma Pantanal

Fonte: FUNCATE / INPE

3.3. Florestas manejadas

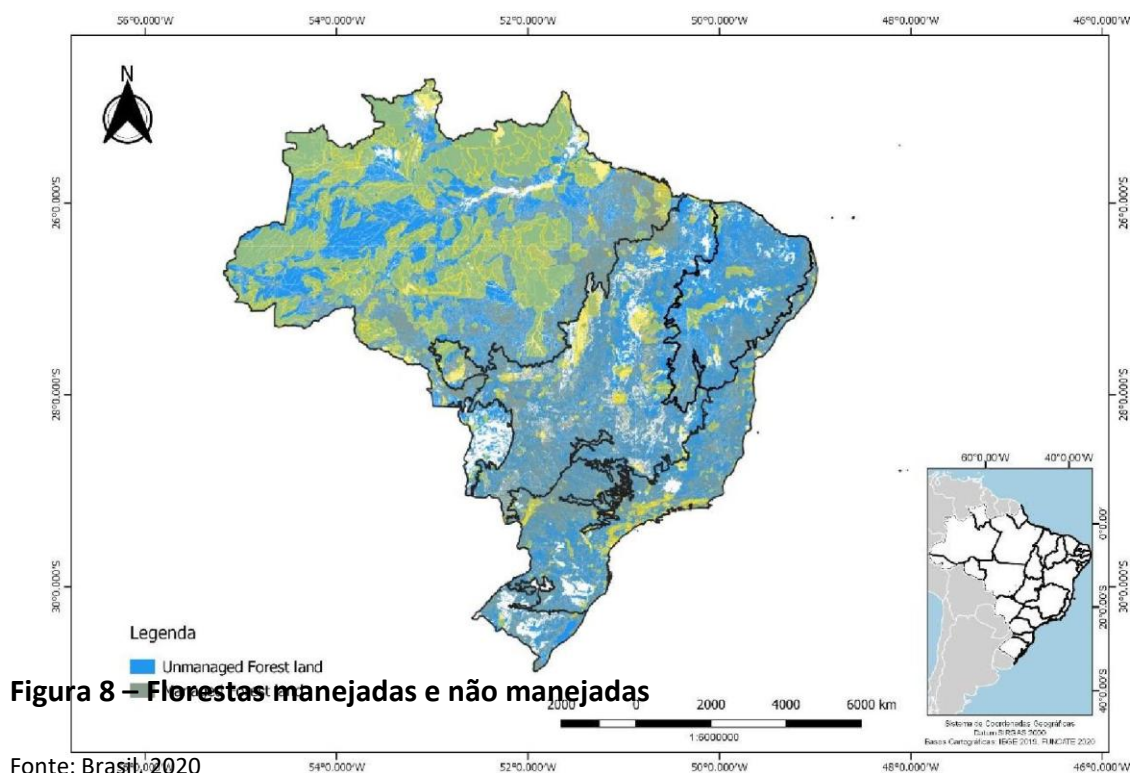
O Brasil seguiu o “*proxy* de terras manejadas” do IPCC em todos os seus inventários nacionais de GEE, assim como nesta submissão, a fim de determinar as emissões antrópicas de GEE relacionadas às áreas de floresta.

De acordo com o 4º Inventário Nacional de GEE, as **florestas manejadas** incluem aquelas que ocorrem dentro de áreas protegidas (Unidades de Conservação - UC ou Terras Indígenas - TI) e as **florestas não manejadas** são aquelas situadas fora de áreas protegidas e em locais onde a ação humana não causou alterações significativas em suas características. As áreas de floresta foram classificadas com base no mapa da vegetação nativa pretérita, considerando diferentes fitofisionomias (conforme explicado na seção abaixo).

Com base na definição acima, o Brasil incluiu nesta submissão do FREL:

- i) Emissões por desmatamento e por degradação florestal (corte seletivo e incêndios florestais) em florestas que permaneceram florestas, incluindo emissões em terras indígenas demarcadas e áreas protegidas reguladas por legislação nacional, as quais cobrem aproximadamente 50% das áreas de floresta do bioma Amazônia;
- ii) Remoções por aumento dos estoques de carbono florestal em florestas secundárias localizadas em áreas anteriormente desmatadas.

O foco do Brasil está em processos relacionados a todas as florestas naturais e, portanto, as florestas plantadas não estão incluídas no FREL, embora sejam considerados no inventário nacional de GEE.



3.4. Mapa da vegetação nativa pretérita e dados de biomassa

O mapa da vegetação nativa pretérita utilizado nesta submissão para fins de identificação (classificação) das fitofisionomias, foi o mesmo usado no contexto do 4º Inventário Nacional de GEE (**Figura 9**). O mapa apresenta as fitofisionomias de acordo com o sistema de classificação do IBGE e as categorias – floresta ou não floresta – segundo a “Avaliação Global dos Recursos Florestais – FRA” de 2020. O **Box 1** fornece uma breve descrição da metodologia aplicada na elaboração do “mapa da vegetação nativa pretérita”.

As estimativas dos estoques de biomassa para a Amazônia foram extraídas do EBA. Em particular, o conteúdo de carbono de reservatórios selecionados para diferentes fitofisionomias foram extraídos com base em valores médios para cada polígono de desmatamento e degradação, apresentados na **Tabela 4**.

O EBA foi desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE – ver **Box 2** para uma breve descrição do EBA).

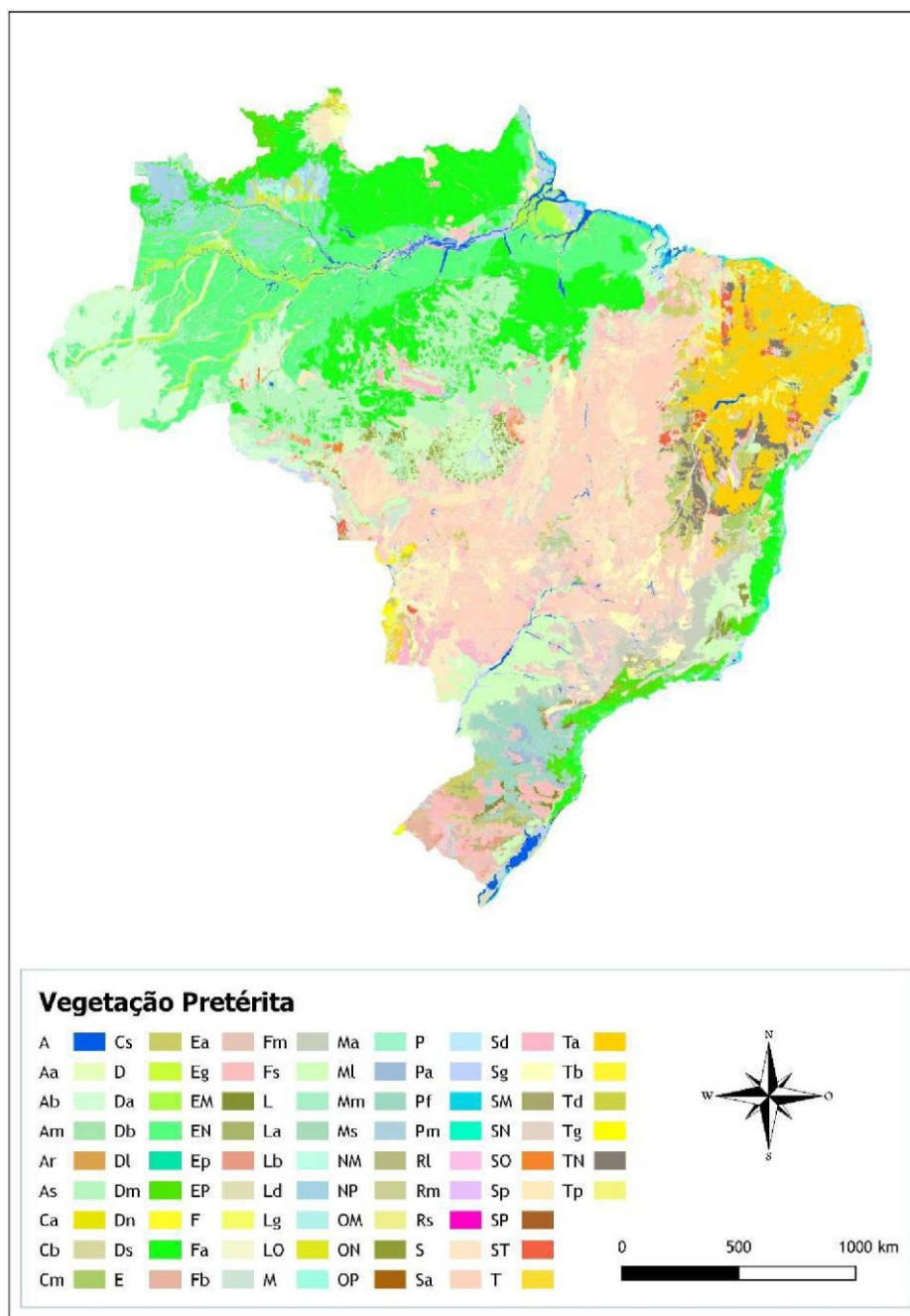


Figura 9 - Mapa da vegetação nativa pretérta

Fonte: Brasil, 2020

Box 1 - Breve descrição da metodologia aplicada na elaboração do “mapa da vegetação nativa pretérita”

O processo de elaboração do 4º Inventário pôde contar com uma base mais atualizada e acurada para a elaboração de um mapa da vegetação natural pretérita (distribuição e classificação das diversas fitofisionomias, desconsiderando-se a intervenção e a ocupação humana) de todos os biomas brasileiros. Tal base foi fruto do mapa da vegetação disponibilizado pelo IBGE (2017), com ajustes realizados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) (BRASIL, 2019) para as áreas antropizadas; comparações com o mapa da vegetação natural pretérita utilizado no 3º Inventário Nacional de GEE (MCTI, 2015 e Brasil, 2016); e detalhamento das fitofisionomias dominantes a partir de bases de dados secundárias, conforme descrito a seguir.

Para verificar a compatibilidade entre os mapas produzidos pelo IBGE, pelo SFB e pelo 3º Inventário Nacional de GEE, foi realizada uma análise de interseção entre os mapas, resultando em um único arquivo *shapefile* composto apenas pelas áreas de sobreposição entre eles. Posteriormente, foram associadas as classes de fitofisionomias descritas no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

Para algumas áreas atualmente antropizadas, o SFB classificou as fitofisionomias apenas com relação à classe dominante. Assim sendo, para o 4º Inventário Nacional de GEE, optou-se por cruzar essas informações com outros dados ambientais para obter uma classificação mais detalhada. Por exemplo, para classificar as florestas aluviais, foram utilizados os dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas², que consistiu na identificação dos polígonos com influência fluvial e cruzando-os com arquivos vetoriais de cursos d’água e das massas d’água artificiais. Já para classificar as fitofisionomias em relação à altitude, o 4º Inventário Nacional de GEE utilizou os dados de altitude da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM, na sigla em inglês) (NASA, 2019).

Dessa forma, o mapa da vegetação natural pretérita do 4º Inventário Nacional de GEE é resultado de uma combinação de fontes e do processamento dos dados geoespaciais de diferentes mapas do IBGE (2017), do SFB e o do 3º Inventário Nacional de GEE (MCTI, 2015 e Brasil, 2016).”

Fonte: Brasil, 2020

² Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=2fb4464c-fc83-41d0-b63a-d020395a4a99>

Box 2 – Breve descrição do projeto EBA³

“O Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE (CCST/INPE) tem como objetivo apoiar e direcionar pesquisas para aprimorar a acurácia da estimativa de biomassa e carbono no bioma Amazônia. Ometto et al. (2014) compararam alguns dos mapas de biomassa disponíveis para a região e concluíram que há diferenças significativas entre eles. Ainda assim, o estoque de carbono estimado pelas diferentes metodologias pode ser considerado semelhante, devido à alta incerteza dos valores estimados. Consequentemente, essa incerteza é propagada para as estimativas das emissões de dióxido de carbono do país.

Diante das diferenças encontradas nos mapas de biomassa disponíveis para a Amazônia brasileira e das incertezas associadas aos métodos que possibilitaram sua estimativa, o CCST/INPE buscou investir em tecnologias que pudessem contribuir para a redução dessas incertezas.

Estudos indicam que, além da utilização de dados de inventário florestal, dados de laser aerotransportado (ALS, na sigla em inglês) também podem contribuir para o aumento da área amostrada e possibilitar a extração de métricas sobre a estrutura e altura do dossel florestal (ASNER et al., 2012; ASNER & MASCARO, 2014).

Dessa forma, o CCST/INPE, com apoio do Fundo Amazônia e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), implementou um projeto denominado “Melhoria dos métodos de estimativa de biomassa e de modelos de estimativa das emissões por mudança de uso da terra”.

O aerolevanteamento cobriu transectos com largura de 300 m e comprimento de 12,5 km (375 ha), sem sobreposição entre as faixas de voo. A distribuição desses transectos foi realizada inicialmente de maneira aleatória dentro de áreas de floresta no bioma Amazônia, desconsiderando áreas mapeadas pelo PRODES (2014), mas considerando áreas de floresta secundária identificadas pelo TerraClass (2012). Alguns desses transectos foram direcionados a fim de cobrir áreas com parcelas de inventário florestal.

Na campanha de voo, foram coletados dados de 417 transectos (**Figura 10**), cobrindo 156.522 ha.”

³ Informações adicionais estão disponíveis em: <http://www.ccst.inpe.br/projetos/eba-estimativa-de-biomassa-na-amazonia/>

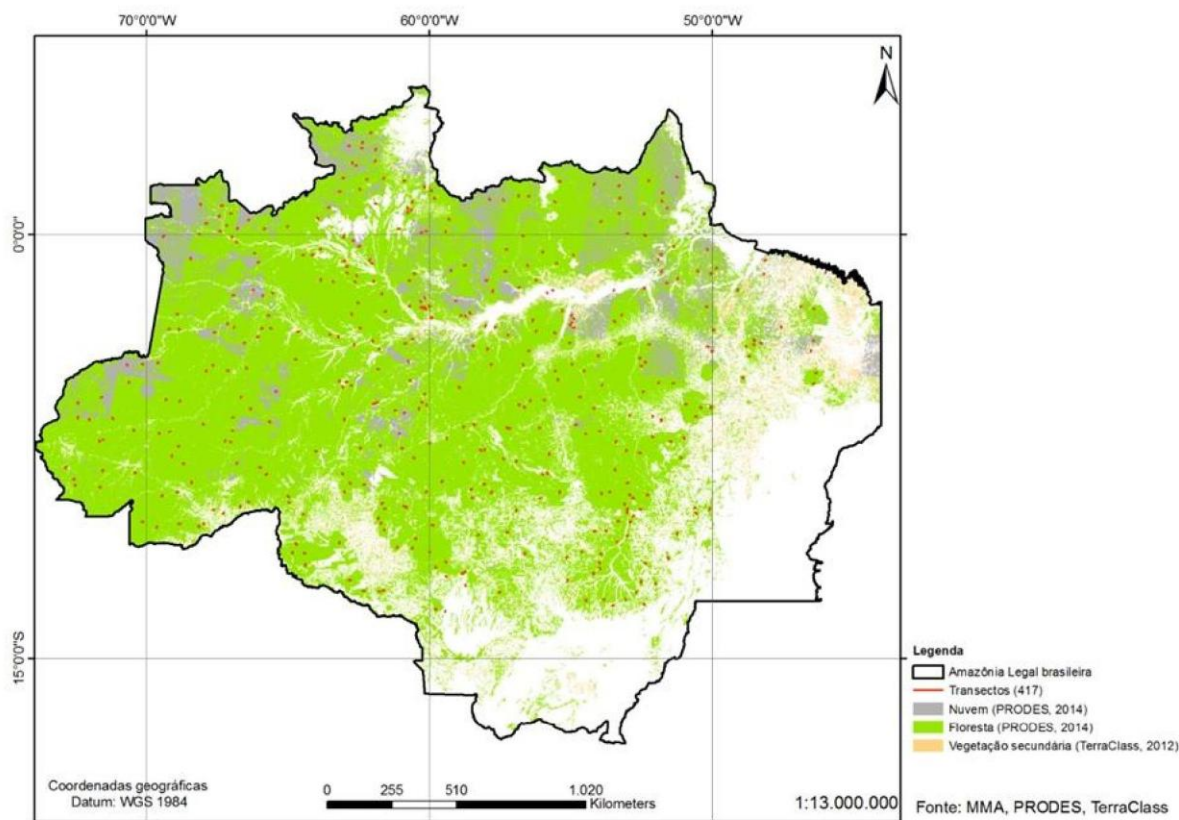


Figura 10 – Distribuição dos transectos da primeira campanha de ALS, em vermelho

Fonte: EBA (acessado em 30 de dezembro de 2022)

3.5 Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil

A tabela a seguir resume os reservatórios de carbono, gases de efeito estufa (GEE) e atividades de REDD+ incluídas no FREL nacional. Exclusões e/ou omissões, assim como possíveis aprimoramentos futuros, são explicados em seções subsequentes.

Tabela 3 – Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil

Bioma/informação	Amazônia	Cerrado	Caatinga	Pantanal	Mata Atlântica	Pampa
Atividades de REDD+	Desmatamento (Unidade mínima de mapeamento de 1 hectare)					
	Degradação (Unidade mínima de mapeamento de 3 hectares)	Não incluído				
	Aumento dos estoques de carbono florestal	Não incluído				
	Não incluído nesta submissão:					
Bioma/informação	Amazônia	Cerrado	Caatinga	Pantanal	Mata Atlântica	Pampa
	Conservação dos estoques de carbono florestal Manejo sustentável de florestas					
Reservatórios de carbono	Biomassa acima do solo (AGB)					
	Biomassa abaixo do solo (BGB)					
	Serapilheira (LI)					

	Madeira morta (DW)	
GEE	CO ₂	
	CH ₄	Não incluído
	N ₂ O	Não incluído

A **definição de desmatamento** adotada pela Política Nacional sobre Mudança do Clima refere-se à conversão de áreas naturais para outras categorias de uso da terra. Para os fins desta submissão e de forma consistente com as submissões de FRELs anteriores, a definição de desmatamento é mais restritiva: Inclui apenas a **conversão (corte raso) de fitofisionomias de florestas nativas para outras categorias de uso da terra (não florestais)**. Os “efeitos de borda” não foram considerados na estimativa das emissões por desmatamento, visto que os polígonos de desmatamento englobam apenas as áreas onde foi identificado o corte raso.

Diferentes estimativas de desmatamento podem ser encontradas na literatura para cada bioma e não são necessariamente consistentes/comparáveis com as estimativas de desmatamento utilizadas nesta submissão, por uma série de razões, entre elas:

1. Inclusão de mudanças em florestas plantadas (não incluídos nesta submissão) como categoria de desmatamento;
2. Uso de sensores e unidades mínimas de mapeamento diferentes;
3. Abordagens distintas de “corte raso” utilizadas na definição de desmatamento; e
4. Definições distintas de florestas e dos seus limites.

Os dados de atividade de desmatamento (áreas desmatadas) foram obtidos do **Programa PRODES**⁴. Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de desmatamento utilizados nesta submissão podem ser encontradas na seção 8.1.

Para os biomas Amazônia e Cerrado, as emissões por desmatamento são **emissões líquidas**, ou seja, são o resultado da diferença entre as emissões brutas por desmatamento e os estoques de carbono na categoria de uso da terra “pós-evento de desmatamento” (agricultura ou pastagem).

O aumento dos estoques de carbono florestal foi estimado para o bioma Amazônia com base nas **remoções pela regeneração natural de áreas anteriormente desmatadas (vegetação secundária)**.

⁴ Informações adicionais estão disponíveis em:

<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

Os dados para estimar as remoções foram obtidos do **Projeto TerraClass**^{5,6}. Informações adicionais sobre os dados de vegetação secundária podem ser encontradas na seção 8.3 e **Box 4**.

No Brasil, o desmatamento na Amazônia e no Cerrado é tipicamente seguido por queima de biomassa (“corte e queima” - **Figura 11**). Dessa forma, as emissões de gases não-CO₂ para os biomas Amazônia e Cerrado foram consideradas na elaboração do FREL nacional.



Figura 11 – Processo de “corte e queima” tipicamente utilizado no desmatamento da Amazônia e Cerrado

Fonte: INPE

Atualmente, não existe uma **definição única de degradação florestal** aplicada no país, nem a identificação de todos os potenciais vetores de degradação florestal (ex.: fogo, corte seletivo, espécies invasoras, etc.). Devido à falta de um banco de dados completo que abranja todos os vetores potenciais, para os fins desta submissão o Brasil define a degradação florestal como a **redução dos estoques de carbono em florestas que permaneceram florestas** no bioma Amazônia, devido à ocorrência de fogo em florestas manejadas e ao corte seletivo desordenado⁷.

⁵ Informações adicionais estão disponíveis em: <https://www.terraclass.gov.br/geoportal-aml/> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

⁶ Informações adicionais estão disponíveis em: <https://www.terraclass.gov.br/geoportal-aml/> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

⁷ Vale ressaltar que, em submissões anteriores, o Brasil apresentou informações sobre a degradação, incluindo “reflexões preliminares” elaboradas pelo GTT-MRV (ver Anexo III da “Submissão do Brasil de um Nível de Referência de Emissões Florestais – FREL – para redução de emissões por desmatamento no bioma Amazônia para pagamentos por resultados de REDD+ no âmbito da UNFCCC no período de 2016 a 2020”, disponível em: https://redd.unfccc.int/files/frelc_modifiedversion_correction2019.pdf). A “definição” apresentada para os fins desta submissão leva em consideração informações já apresentadas anteriormente, bem como os avanços no sistema de monitoramento do INPE (DETER), a fim de implementar uma abordagem pragmática que permita a estimativa das emissões de GEE, inicialmente para o bioma Amazônia. O Brasil reconhece que são necessárias considerações adicionais, em particular para identificar e quantificar as emissões de GEE provenientes de outros vetores de degradação em todos os biomas brasileiros.

Os dados de atividade de degradação estavam disponíveis no **Programa DETER**⁸ do INPE. Informações adicionais relacionadas aos dados de degradação florestal são apresentadas na seção 8.2.

Box 3 – Principais programas brasileiros de monitoramento relevantes para esta submissão

Os dados de atividade relacionados a desmatamento e degradação florestal (áreas de desmatamento e degradação florestal) utilizados nesta submissão para todos os biomas brasileiros derivam do **Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas (PAMZ+)**, desenvolvido pela Divisão de Observação da Terra e Geoinformática (DIOTG) da Coordenação Espacial da Amazônia (COEAM) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O PAMZ+ possui três sistemas operacionais para monitorar o uso e cobertura da terra e as mudanças correspondentes, por meio de imagens de satélite com diferentes resoluções temporais e espaciais:

1. **Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES):**

Desde 1988, o PRODES monitora o avanço do desmatamento na Amazônia Legal, sendo considerado o programa de monitoramento de florestas tropicais mais importante do mundo. Atualmente, o programa foi ampliado e monitora sistematicamente a perda anual de vegetação primária em todos os biomas brasileiros. O PRODES utiliza imagens do tipo Landsat (NASA/USGS), denominadas imagens da “classe Landsat”, que variam de 20 a 30 metros de resolução espacial e possuem pelo menos três bandas espectrais disponíveis (verde, vermelho e infravermelho) dentro do espectro eletromagnético. Atualmente, o PRODES utiliza imagens do Landsat-8, SENTINEL-2 (União Europeia) e CBERS-4/4A (INPE/CRESDA, Brasil/China). Em áreas de floresta, o PRODES identifica polígonos de desmatamento causados por corte raso. Em outras fitofisionomias, como campos e biomas savânicos, o PRODES identifica apenas polígonos de remoção completa da vegetação natural. Especialistas mapeiam esses polígonos por meio de fotointerpretação visual, utilizando o software TerraAmazon. O PRODES é um sistema incremental e identifica polígonos de desmatamento com área superior a 1 ha. Para aprimorar a disseminação dos dados do PAMZ+, o INPE desenvolveu um portal online (TerraBrasilis – <http://terrabilis.dpi.inpe.br>) que agrega os dados do PRODES e do DETER.

2. **Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER):** O DETER, lançado em 2004, é um sistema de apoio à fiscalização que mapeia rapidamente as áreas desmatadas e degradadas dentro de formações florestais na Amazônia Legal Brasileira. Desde 2015, o DETER utiliza imagens do sensor WFI a bordo dos satélites CBERS-4, CBERS-4A/INPE e Amazônia-1/INPE (resolução espacial de 56-64 metros). Foto-intérpretes mapeiam o desmatamento e a degradação florestal utilizando composições coloridas das imagens de satélite, além de imagens de frações de solo e sombra geradas por meio de Modelos Lineares de Mistura Espectral (MLME) que destacam, respectivamente, as feições da imagem relacionada ao corte seletivo e às cicatrizes de incêndios. A identificação de padrões de cobertura florestal nas imagens baseia-se em cinco elementos principais: tonalidade, cor, forma, textura e contexto. Os alertas do DETER são divididos em dois grupos: o primeiro refere-se ao desmatamento, classificado entre: (a) desmatamento com solo exposto; (b) desmatamento com vegetação; e

⁸ Informações adicionais estão disponíveis em:

<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

(c) mineração (Figura 4.2); o segundo grupo abrange alertas de degradação, classificados entre: a) degradação; (b) corte seletivo geométrico; (c) corte seletivo desordenado; e (d) cicatriz de incêndio florestal. O DETER identifica polígonos com área superior a 3 ha.

3. **Projeto de Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra (TerraClass):** O projeto TerraClass foi lançado em 2010, primeiramente na Amazônia Legal Brasileira e desde 2020 no bioma Cerrado, com o objetivo de qualificar o desmatamento identificado pelo projeto PRODES. Por meio da interpretação visual de composições coloridas e a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto (tais como Modelos Lineares de Mistura Espectral, segmentação, detecção de nuvens e fatiamento por limiar) em imagens de satélite Landsat (30 m de resolução espacial), o TerraClass classifica áreas identificadas como desmatamento nas seguintes classes temáticas: floresta primária, floresta secundária, silvicultura, pastagem cultivada arbustiva, pastagem cultivada herbácea, cultura agrícola perene, cultura agrícola semiperene, cultura agrícola temporária, mineração, áreas urbanas, “outras”, área não observada, desmatamento no ano corrente, vegetação não florestal e hidrografia dentro da Amazônia Legal Brasileira. No Cerrado, o desmatamento é qualificado como floresta primária, floresta secundária, silvicultura, pastagem cultivada, cultura agrícola perene, cultura agrícola semiperene, cultura agrícola temporária de um ciclo, cultura agrícola temporária de mais de um ciclo, mineração, áreas urbanas, outras áreas edificadas, outras, não observado, desmatamento anual e hidrografia. O TerraClass possui área mínima de mapeamento de 4 ha para a Amazônia e o

Cerrado. O projeto tem como objetivo gerar dados do uso e cobertura da terra a cada dois anos. Atualmente, os dados do TerraClass estão disponíveis para 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014 para a Amazônia Legal Brasileira, e para 2018 para o bioma Cerrado.

Os sistemas são complementares e foram projetados para atender a objetivos distintos.

3.5.1. Descrições das alterações nos níveis de referência de emissões florestais e/ou níveis de referência florestais submetidos anteriormente

Os parágrafos 11 e 10 da decisão 12/CP.17, respectivamente, indicam que pode-se desenvolver um FREL subnacional como medida transitória durante a transição para um FREL nacional; e que pode ser apropriado adotar uma abordagem gradual (*stepwise approach*) até a elaboração de um FREL nacional, de modo a permitir que as Partes aprimorem as submissões ao longo do tempo por meio da incorporação de dados mais atualizados, do refinamento das metodologias e, quando apropriado, da inclusão de reservatórios e atividades adicionais.

As principais alterações incluídas nesta submissão e que são detalhadas nas seções a seguir são:

1. Inclusão dos seis biomas brasileiros;
2. Inclusão da degradação florestal no bioma Amazônia;
3. Inclusão do aumento dos estoques de carbono florestal no bioma Amazônia;
4. Estimativa das emissões líquidas por desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado;
5. Alteração nos limites geográficos dos biomas, utilizando os dados oficiais mais recentes (IBGE, 2019);
6. Utilização de uma área mínima de mapeamento (MMU) de 1 hectare para a identificação de polígonos de desmatamento em todos os biomas brasileiros;
7. Cálculo do período de referência utilizando 5 anos⁹; e
8. Inclusão de análise de incertezas.

A situação das “áreas para aprimoramentos futuros” identificadas nos relatórios de avaliação técnica realizados em submissões brasileiras anteriores é apresentada na seção 8.9.

3.5.2. Possíveis aprimoramentos futuros

Em submissões anteriores do FREL, o Brasil apresentou FRELS subnacionais para os biomas Amazônia e Cerrado¹⁰. Na presente submissão, o Brasil incorporou dados mais atualizados e metodologias refinadas a fim de apresentar um FREL nacional, que cobre 100% do território nacional. O FREL foi desenvolvido com base na média das estimativas das emissões líquidas de GEE para os biomas Amazônia e Cerrado e na média das emissões brutas de GEE para os outros quatro biomas brasileiros, considerando cinco períodos anuais (de 2016-2017 a 2020-2021).

No entanto, é importante esclarecer que, devido à grande extensão territorial e à diversidade florestal dentro dos diferentes biomas, ainda não foi possível incluir nesta submissão todas as atividades de REDD+, nem estimar as emissões e remoções de todos os GEE e todos os reservatórios de carbono para todos os biomas.

Nesta submissão, o Brasil incluiu estimativas de incerteza para todos os dados de entrada e para todos

os resultados de emissões e remoções. No entanto, não foi possível utilizar valores de incerteza específicos do país para vários dos fatores de emissão e remoção e outros parâmetros. Para esses casos, foram utilizados os valores de incerteza derivados dos valores padrão das Diretrizes do IPCC (2006). Os planos para submissões futuras incluem o desenvolvimento de estimativas de incerteza específicas para o país em relação ao conteúdo de carbono de todos os reservatórios de carbono em todos os biomas e fitofisionomias, como já realizado para o bioma Amazônia, assim como estimativas de incerteza específicas para o país em relação aos parâmetros utilizados nos cálculos de regeneração natural e degradação (ex., taxa anual de crescimento da biomassa, fator de combustão).

Nos boxes a seguir, é fornecida uma justificativa para a não inclusão do reservatório de carbono do solo na elaboração do FREL nacional (**Box 8**), assim como uma explicação dos desafios enfrentados para estimar as emissões provenientes de degradação florestal por fogo em florestas manejadas no bioma Cerrado (**Box 5**); por fogo em florestas manejadas em outros biomas (**Box 6**); degradação por corte seletivo regular (**Box 7**); e remoções por regeneração natural (**Box 4**) para todos os biomas, exceto a Amazônia.

⁹ A escolha de um período de referência de 5 anos considerou a disponibilidade de dados, particularmente em relação ao DETER e à degradação florestal na Amazônia, e os requisitos atuais do cenário de financiamentos baseados em resultados de REDD+, que tendem a favorecer períodos de referência não superiores a 10 anos (ex., *scorecard* do GCF), além de períodos de referência tão próximos quanto possível do presente e dos anos para os quais o país pretende ter seus resultados mensurados. A escolha do ano de início e da extensão do período de referência tem o objetivo de posicionar melhor o Brasil para acessar as oportunidades atuais de financiamento de REDD+.

¹⁰ Disponível em: <https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=bra>

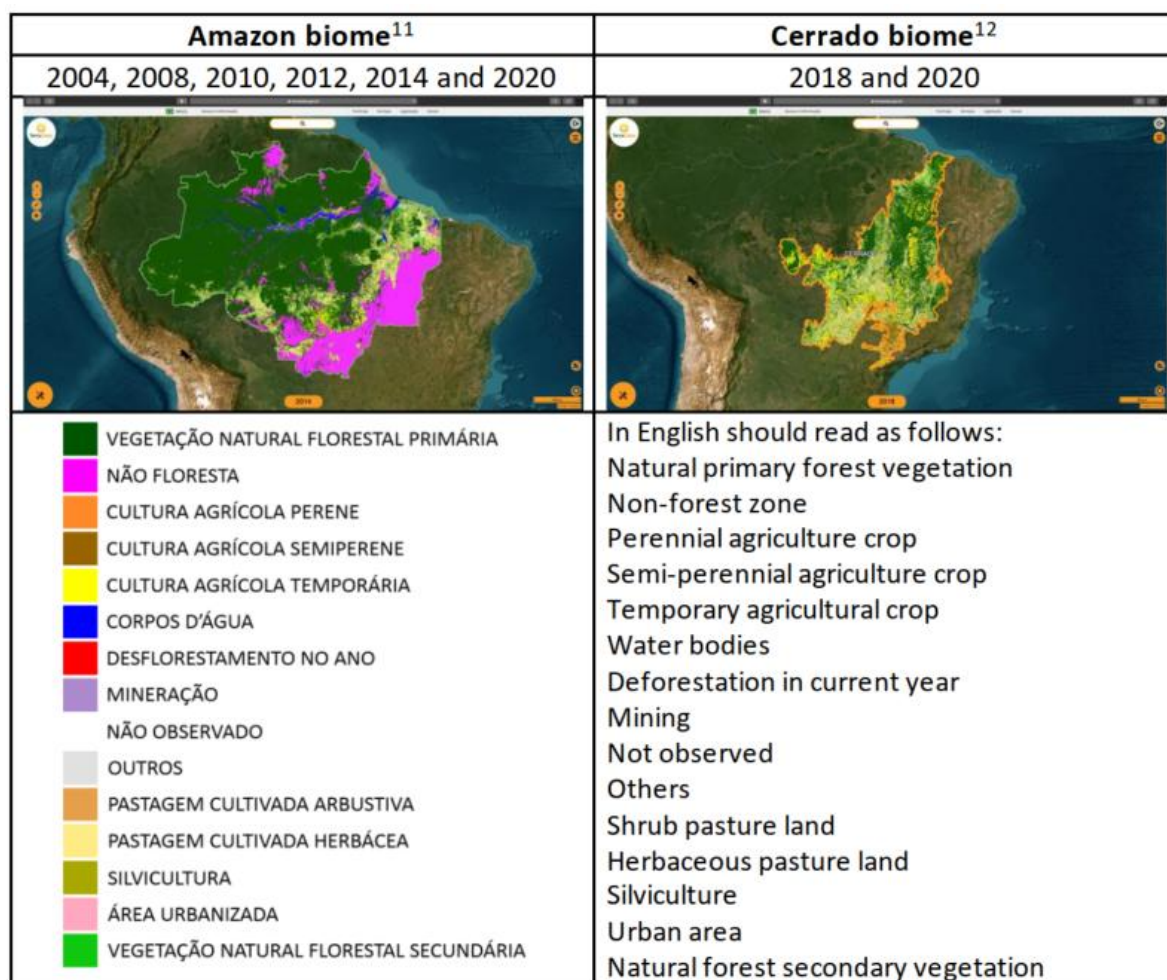
Box 4 – Aumento dos estoques de carbono florestal (AECF)

Nesta submissão, AECF refere-se ao aumento anual da biomassa pela regeneração natural de áreas anteriormente desmatadas (**vegetação secundária**) e foi estimado para o bioma Amazônia, utilizando dados do **Projeto TerraClass**.

O Projeto TerraClass teve início em 2010 no bioma Amazônia, com o objetivo de compreender a dinâmica da cobertura/uso da terra “ pós-evento de desmatamento” na região amazônica; e fornecer informações relevantes para permitir que governos, em diferentes esferas, implementem, por exemplo, políticas para a produção agrícola sustentável, preservação da biodiversidade nacional e manutenção da qualidade dos serviços ambientais. Em 2015, o Projeto foi expandido para o bioma Cerrado. Atualmente, mapas de vegetação secundária estão disponíveis apenas para alguns anos selecionados, conforme indicado abaixo:

¹¹ Informações adicionais estão disponíveis em: <https://www.terraclass.gov.br/geoportal-aml/> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

¹² Informações adicionais estão disponíveis em: <https://www.terraclass.gov.br/geoportal-aml/> (Acessado em 9 de novembro de 2022)



Fonte: TerraClass

O fato de o TerraClass não fornecer informações anuais completas impossibilitou a estimativa das remoções para cada ano individual do período de referência. Assim, na elaboração do FREL nacional, pressupôs-se um crescimento anual linear de biomassa para todos os anos do período de referência, com base na média das remoções de carbono (toneladas de C por hectare por ano) nas áreas de vegetação secundária identificadas para o bioma Amazônia, conforme elencado no 4º Inventário Nacional de Emissões de GEE (informações adicionais na seção “Estimativa do FREL nacional do Brasil”).

A depender da disponibilização de recursos adicionais para o projeto TerraClass, o Brasil planeja estimar em submissões futuras as remoções anuais específicas por vegetação secundária para todos os biomas e para cada ano individual.

Box 5 – Degradação por fogo em florestas manejadas no Cerrado

O **Programa Queimadas**¹³ do INPE utiliza imagens de baixa resolução espacial (1 km) do programa MODIS para monitorar “focos de fogo” em todo o território nacional. Para cada foco de fogo identificado, é criada uma zona de amortecimento de 1 km², a fim de fornecer uma estimativa aproximada da “área queimada total”. Essa estimativa não corresponde exatamente à “cicatriz de queimada”, visto que nem toda a vegetação incluída na zona de amortecimento pode ter sido afetada pelo fogo.

Atualmente, o Programa Queimadas vem utilizando dados de resolução espacial de 30 m de forma experimental para monitorar tanto os focos de fogo quanto as cicatrizes de queimadas no bioma Cerrado, com base em dados dos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Operational Land Imager* (OLI) a bordo dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8, pressupondo-se uma cobertura máxima de nuvens de 10%. As “cicatrizes de queimadas” foram identificadas utilizando um algoritmo semiautomático e mudança multitemporal entre imagens (Melchiori, 2014). Os resultados da avaliação local dependem não apenas do algoritmo classificador, mas também dos dados utilizados como referência. Portanto, é essencial que os dados de referência sejam confiáveis e abranjam o mesmo período de estudo. Não há garantia de que essa iniciativa experimental com resolução espacial média tenha continuidade. Ademais, apenas os resultados para os anos de 2018 e 2019 estão disponíveis.

Como exemplo da iniciativa experimental mencionada, este box apresenta as estimativas das emissões de GEE usando as “cicatrizes de queimadas” geradas pelo Grupo de Monitoramento de Queimadas do INPE.

Período	Emissões provenientes de degradação florestal por fogo em florestas manejadas no bioma Cerrado (toneladas de CO ₂ eq)
2017-2018	29.718.968
2018-2019	60.925.571

Fonte: elaboração própria

Para o bioma Amazônia, as cicatrizes de queimadas derivam da interpretação visual dos dados do DETER, o que permite então estimar as emissões provenientes de degradação florestal por fogo. Infelizmente, o sistema DETER não foi desenvolvido para o bioma Cerrado, o que impede que a mesma abordagem utilizada para a Amazônia seja estendida ao Cerrado.

A situação em relação à identificação da degradação florestal por fogo é, portanto, a seguinte: (1) As cicatrizes de queimadas, fundamentais para a estimativa das emissões de GEE por fogo, não estão disponíveis por meio dos dados de cobertura nacional com resolução espacial de 1 km x 1 km fornecidos pelo MODIS; e (2) as cicatrizes de queimadas disponíveis por meio da iniciativa experimental em curso no INPE podem não ter continuidade no curto/médio prazo.

¹³ Informações adicionais estão disponíveis em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

Considerando esses fatores e a possibilidade de que os dados de cicatrizes de queimadas possam não estar disponíveis para resultados futuros, impactando a consistência entre o FREL nacional e os resultados no Anexo Técnico do BUR, decidiu-se não incluir as emissões de GEE provenientes de degradação florestal por fogo em florestas manejadas no bioma Cerrado.

A depender da disponibilização de recursos adicionais para o Programa Queimadas do INPE, o Brasil planeja incluir essas emissões em submissões futuras.

Box 6 - Degradação por fogo em florestas manejadas em outros biomas (e emissões de gases não-CO₂)

Conforme os dados do Programa Queimadas do INPE, as áreas queimadas em cada bioma e em cada ano do período de referência são fornecidas na tabela abaixo. A tabela inclui também a contribuição relativa (%) de cada bioma para a área total anual queimada.

Ano / Área queimada por bioma (km ²)	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica	Pampa	Pantanal	Total (anual)
2016	65.139 (23%)	33.309 (12%)	151.142 (54%)	18.608 (7%)	1.527 (1%)	11.245 (4%)	280.970
2017	91.240 (30%)	29.704 (10%)	158.352 (52%)	16.260 (5%)	1.608 (1%)	9.829 (3%)	306.993
2018	43.171 (25%)	25.432 (15%)	85.374 (50%)	13.295 (8%)	615 (0%)	3.094 (3%)	170.981
2019	72.450 (23%)	55.184 (17%)	148.211 (47%)	19.405 (6%)	1.396 (0%)	20.833 (7%)	317.479
2020	77.396 (25%)	30.453 (10%)	139.644 (45%)	17.928 (6%)	6.113 (2%)	40.606 (13%)	312.140
2021	45.585 (17%)	49.869 (18%)	137.631 (50%)	20.876 (8%)	1.228 (0%)	19.219 (7%)	274.408

Fonte: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>

Os valores absolutos das áreas queimadas foram obtidos utilizando dados com resolução espacial de 1 km x 1 km; contudo, conforme mencionado anteriormente, não representam necessariamente as cicatrizes de queimadas. A partir da tabela, fica evidente que o bioma mais afetado por incêndios é o bioma Cerrado (média anual de 49,5%), seguido pelo bioma Amazônia (média anual de 24%); para o bioma Caatinga, a média anual é de 13,6%, enquanto que, para os biomas Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, as médias anuais são de 6,7%, 0,5% e 6%, respectivamente. Os biomas Amazônia e Cerrado englobam, em média, quase 75% da área queimada no período de referência.

Além do fato de que as áreas queimadas na Mata Atlântica, no Pampa e no Pantanal são muito menores do que as da Amazônia e do Cerrado, o estoque total de carbono para esses biomas e para a Caatinga também é comparativamente menor e não se espera que o impacto potencial sobre as emissões de GEE seja significativo. Essa é uma das justificativas para que a degradação florestal por fogo não seja incluída nas estimativas das emissões médias anuais nesses biomas.

Uma representação gráfica dos dados da tabela é apresentada na figura abaixo.

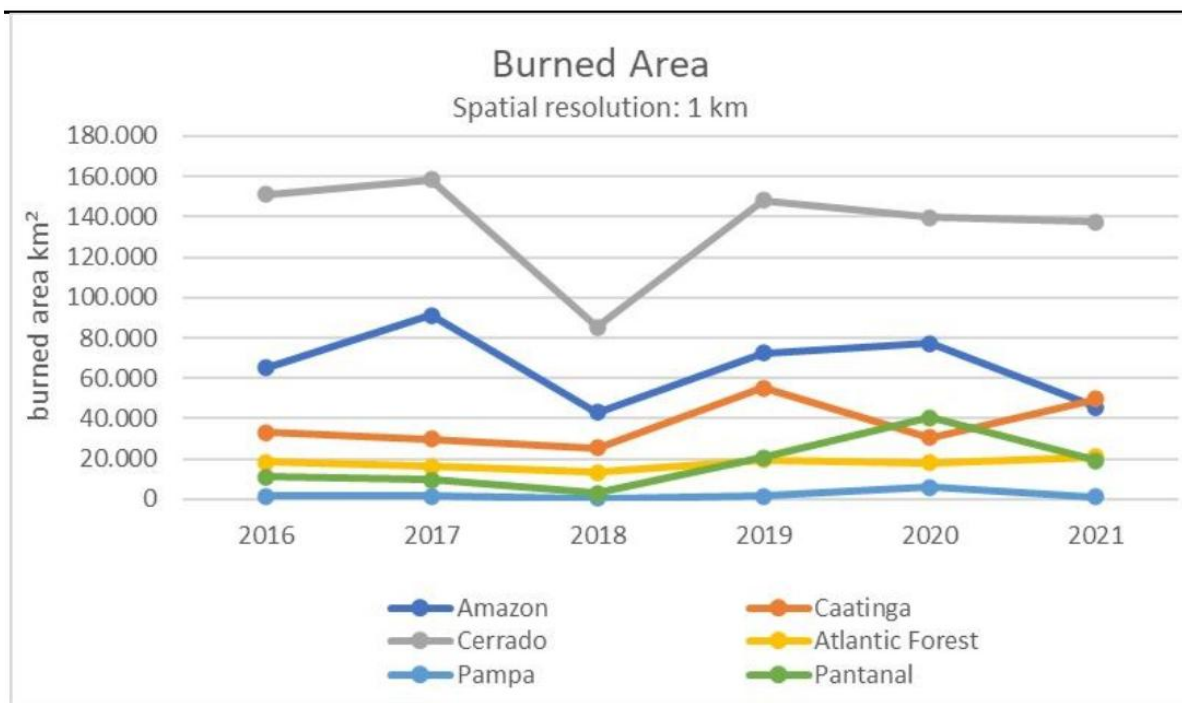


Figura 12 – Área queimada, por bioma

Fonte: Programa Queimadas

Além disso, vale mencionar que nem todos os incêndios ocorrem em áreas de florestas manejadas e nem todos os incêndios geram cicatrizes de queimadas, conforme já indicado. As figuras a seguir apresentam exemplos de incêndios florestais em áreas de floresta densa.



Figura 13 – Exemplos de incêndios florestais em áreas de floresta densa

Fonte: INPE

A partir da figura acima, pode-se observar que os incêndios afetam principalmente as porções inferiores do dossel, mas, dependendo da intensidade, podem também se propagar para os níveis superiores. Quando os níveis superiores do dossel não são alcançados, a área atingida

pelo fogo dificilmente deixará uma cicatriz identificável em imagens orbitais. Assim sendo, esta submissão não inclui as emissões de GEE provenientes de degradação florestal por fogo em florestas manejadas, exceto para o bioma Amazônia.

Estimativas preliminares indicam que as emissões de GEE provenientes de degradação florestal por fogo no Cerrado afetando florestas manejadas podem atingir magnitudes de 45,6 Mt CO₂eq por ano (29,9 Mt CO₂eq em 2017-2018 e 60,9 Mt CO₂eq em 2018-2019).

A depender da disponibilização de recursos adicionais para o Programa Queimadas do INPE, o Brasil planeja avaliar mais detalhadamente a relevância dessas emissões e, caso comprovada a sua significância, incluí-las em submissões futuras.

Box 7 – Redução dos estoques de carbono por corte seletivo geométrico

O Sistema DETER mapeia alterações na cobertura florestal devido à extração madeireira, classificadas em “corte seletivo desordenado” (Tipo 1) e “corte seletivo geométrico” (Tipo 2).

Nas estimativas das emissões por degradação florestal, as reduções dos estoques de carbono por “corte seletivo geométrico” (corte regular) não foram incluídas na elaboração deste FREL, pois o padrão geométrico está associado a atividades sob planos de manejo florestal sustentável.

O **Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLO)**¹⁴ está em vias de incluir todos os planos de manejo sustentável aprovados (incluindo as coordenadas geográficas) em seu banco de dados. Na ausência dessas informações, não foi possível identificar quais áreas de “corte seletivo geométrico” estavam ou não associadas a atividades aprovadas de manejo sustentável. Nesta submissão, pressupôs-se que todo “corte seletivo geométrico” estava associado a planos aprovados de manejo sustentável e, portanto, não foram considerados como degradação florestal. O Brasil planeja revisar tal classificação em submissões futuras, assim que o banco de dados do SINAFLO estiver totalmente disponível e validado. Enquanto isso, o Brasil considera que a abordagem adotada constitui parte válida da abordagem gradual (*stepwise*). Não se pode indicar um “cronograma preciso” para o uso dos dados do SINAFLO no momento, devido a incertezas quanto ao apoio financeiro necessário para a conclusão e validação do banco de dados.

No entanto, as reduções dos estoques de carbono em áreas associadas a “corte seletivo geométrico” (corte regular) foram consideradas nos casos em que essas áreas foram posteriormente sujeitas a outras atividades (incêndios florestais ou desmatamento).

Vale ressaltar que os *shapefiles* utilizados nesta submissão (ver “Arquivos vetoriais (*shapefiles*) dos dados de atividade”) contêm dados sobre as alterações na cobertura florestal decorrentes de “corte seletivo geométrico” (corte regular); entretanto, apenas os dados relacionados a “corte seletivo desordenado” (corte irregular) foram utilizados para estimar as emissões por degradação florestal, conforme a justificativa apresentada acima.

¹⁴ Informações adicionais estão disponíveis em: <http://www.ibama.gov.br/sinaflor> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

Box 8 – Carbono do solo

O Carbono Orgânico do Solo (COS) não foi incluído na elaboração do FREL nacional, com base na seguinte justificativa:

- (1) Normalmente, as maiores alterações no COS resultam da conversão de florestas para outras categorias de uso da terra (ex., agricultura, pastagem). Nesta submissão, não foi realizada a identificação da categoria de uso da terra pós-desmatamento, de modo que haveria incertezas elevadas associadas às estimativas de mudanças no COS.
- (2) O 4º Inventário Nacional indica que o COS contribuiu apenas 2,5% do total das emissões líquidas no setor LULUCF durante o período de 2010-2016 (Brasil, 2020). O relatório de referência do 4º Inventário fornece detalhes sobre a metodologia usada para estimar as emissões de COS, seguindo as Diretrizes do IPCC (2006), e apresenta os fatores de alteração utilizados para cada tipo de conversão do uso e cobertura da terra.

Considerando a baixa contribuição do COS para as emissões totais de LULUCF e tendo em vista que esta submissão é nacional, decidiu-se que o COS não teria contribuição significativa para o FREL nacional e, assim sendo, não foi considerado.

3.6. Bioma Amazônia

3.6.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade utilizados para o bioma Amazônia (áreas de desmatamento; áreas de degradação – por fogo e por corte seletivo; e áreas de regeneração natural) foram obtidos dos sistemas PRODES, DETER e TerraClass, respectivamente.

3.6.2. Fatores de emissão

Trinta e seis (36) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Amazônia, sendo as mais abundantes a Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Db). A **Tabela 4** apresenta os valores médios, mínimos e máximos dos estoques de carbono para cada reservatório de carbono considerado por fitofisionomia florestal. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 4 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Amazônia e os respectivos estoques de carbono por reservatório de carbono (média e intervalos – em tC/ha)

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	90,45	9,93	7,37	5,16	112,91
		(0 - 142,65)	(0 - 113,98)	(0 - 13,34)	(0 - 16,31)	(0 - 205,91)
Ab	Floresta Ombrófila Aluvial das Terras Baixas	97,61	10,05	7,92	5,62	121,20
		(0 - 143,82)	(0 - 194,66)	(0 - 13,52)	(0 - 19,85)	(0 - 286,24)
Am	Floresta Ombrófila Aberta Montana	99,51	30,85	9,35	3,99	143,70
		(63,34 - 139,27)	(19,64 - 43,17)	(5,95 - 13,09)	(2,54 - 5,59)	(118,55 - 201,12)
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	74,78	8,97	6,12	4,26	94,13
		(0 - 161,38)	(0 - 434,74)	(0 - 14,17)	(0 - 19,89)	(0 - 594,72)
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	37,28	77,24	2,11	2,44	119,07
		(4,8 - 75,2)	(4,77 - 251,17)	(0,19 - 4,1)	(0,34 - 5,25)	(23,87 - 290,83)
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	67,15	7,94	5,44	3,94	84,47
		(1,84 - 139,27)	(0,18 - 164,75)	(0,08 - 13,09)	(0,11 - 16,31)	(2,85 - 261,23)
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	75,64	22,40	7,01	3,20	108,25
		(0 - 150,03)	(0 - 257,45)	(0 - 14,1)	(0 - 48,23)	(0 - 372,97)
Db	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	92,41	28,69	8,67	3,74	133,51
		(0 - 190,35)	(0 - 251,55)	(0 - 17,89)	(0 - 56,9)	(0 - 422,15)
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	80,60	25,34	7,56	3,28	116,78
		(0 - 125,02)	(0 - 156,81)	(0 - 11,75)	(0 - 10,17)	(0 - 271,85)
Ds		86,24	26,20	8,07	3,52	124,03

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
-------	-----------------	-----	-----	----	----	---------

	Floresta Ombrófila Densa Submontana	(0 - 199,12)	(0 - 461,28)	(0 - 18,72)	(0 - 29,25)	(0 - 604,11)
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	44,77	7,41	3,68	2,49	58,35
		(0 - 121,91)	(0 - 242,02)	(0 - 13,41)	(0 - 10,5)	(0 - 324,98)
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	53,33	7,20	4,29	3,08	67,90
		(1,88 - 104,82)	(0,19 - 247,71)	(0,1 - 8,54)	(0,11 - 9,21)	(2,33 - 330,23)
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	101,21	10,12	8,20	5,84	125,37
		(92,83 - 106,69)	(9,28 - 10,67)	(7,52 - 8,64)	(5,36 - 6,16)	(114,99 - 132,16)
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	55,96	6,56	4,48	3,24	70,24
		(0 - 139,27)	(0 - 245,67)	(0 - 13,09)	(0 - 16,31)	(0 - 324,98)
L	Campinarana	28,08	23,76	1,59	6,74	60,17
		(4,7 - 103,02)	(1,46 - 171,02)	(0 - 4,68)	(0,19 - 55,93)	(96,79- 328,91)
La	Campinarana Arborizada	74,37	96,50	7,70	5,75	184,32
		(0 - 162,15)	(0 - 204,73)	(0 - 15,24)	(0 - 41,72)	(0 - 337,23)
Ld	Campinarana Florestada	74,69	10,07	6,09	4,48	95,33
		(0 - 139,27)	(0 - 118,17)	(0 - 13,09)	(0 39)	(0 - 266,28)
LO	Contato Campinarana / Floresta Ombrófila	95,66	17,31	8,11	5,19	126,27
		(0 - 139,27)	(0 - 169,11)	(0 - 13,09)	(0 - 8,65)	(0 - 270,91)
ON	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	47,9	5,47	3,93	2,89	60,19
		(1,18 - 139,27)	(0,12 - 113,98)	(0,1 - 13,09)	(0,07 - 16,31)	(1,16 - 201,12)
ONs	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	68,71	15,41	5,73	7,68	97,53
		(13 - 73,3)	(1,3 - 17,45)	(1,05 - 6,13)	(0,75 - 8,63)	(13,2 - 105,51)
ONts	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	27,02	2,7	2,19	1,56	33,47
P	Formação Pioneira	118,82	36,94	11,2	4,76	171,72
		(62,08 - 128,28)	(19,94- 39,77)	(6,02 - 12,06)	(2,45 - 5,15)	(19,24 - 185,26)
Pf	Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	30,74	9,91	3,14	0,59	44,38
		(0 - 133,92)	(0 - 39,77)	(0 - 12,06)	(0 - 7,73)	(0 - 185,26)
S	Savana	42,6	49,64	1,83	2,38	96,45
		(8,17 - 90,87)	(0,82 - 115,06)	(0,08 - 8,54)	(0,47 - 4,35)	(7,79 - 174,68)
Sa	Savana Arborizada	49,44	74,31	1,43	3,06	128,24
		(0 - 139,27)	(0 -273,26)	(0 - 14,01)	(0 - 20,69)	(0 - 416,33)
Sd	Savana Florestada	64,55	15,6	6,85	9,67	96,67
		(0 - 158,6)	(0 - 270,38)	(0 - 17,45)	(0 - 25,77)	(0 - 446,46)
SN	Contato Savana / Floresta Estacional	45,55	8,7	3,61	2,81	60,67
		(0 - 106,55)	(0 - 162,65)	(0 - 11,05)	(0 - 16,31)	(0 - 238,09)
SNm	Contato Savana / Floresta Estacional	40,54	19,74	4,64	7,1	72,02
SNs	Contato Savana / Floresta Estacional	63,61	17,3	5,62	7,89	94,42
		(8,32 - 73,3)	(0,83 - 21,55)	(0,67 - 6,13)	(0,48 - 8,63)	(14,25 - 105,51)
SNts		50,95	12,79	4,53	5,78	74,05

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
	Contato Savana / Floresta Estacional	(2,95 - 71,97)	(0,3 - 2011)	(0,24 - 6,07)	(0,17 - 8,57)	(0,01 - 104,15)

SO	Contato Savana / Floresta Ombrófila	60,25	16,55	5,62	3,32	85,74
		(0,94 - 139,27)	(0,21 - 130,29)	(0,09 - 13,09)	(0,06 - 16,31)	(1,36 - 201,12)
SOs	Contato Savana / Floresta Ombrófila	55,52	22,11	6,15	8,63	92,41
		(41,49 - 97,59)	(21,52 - 23,89)	(4,76 - 10,31)	(732 - 12,57)	(75,09 - 142,78)
SP	Contato Savana / Formação Pioneira - Específico para Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	13,71	45,79	0,54	0,96	61
		(10,81 - 16,01)	(36,11 - 53,48)	(0,42 - 0,63)	(0,76 - 1,12)	(48,1 - 71,24)
ST	Contato Savana / Savana Estépica	39,38	67,64	2,39	2,52	111,93
		(2,82 - 75,2)	(4,16 - 251,17)	(0,11 - 5,82)	(0,2 - 5,25)	(14,64 - 290,83)
Td	Savana Estépica Florestada	31,62	50,88	3,45	3,35	89,3
		(8,74 - 94,26)	(1,06 - 156,48)	(0,86 - 10,37)	(0,61 - 10,15)	(13,78 - 74,56)
TN	Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	39,88	14,82	3,15	2,4	60,25
		(27,4 - 65,98)	(4,77 - 25,36)	(2,02 - 5,34)	(1,75 - 3,81)	(59,07 - 78,32)

OBS.: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira

Fonte: raster EBA

OBS: Vale observar que os valores apresentados na tabela 23 do 4º Inventário Nacional de GEE (Brasil, 2020) diferem dos valores apresentados nesta tabela, ainda que tanto o inventário quanto o FREL utilizem os valores do EBA. Os valores desta tabela foram extraídos diretamente do arquivo raster do EBA considerando cada polígono de desmatamento e, portanto, são valores que representam o “nível de dados de atividade”. No 4º Inventário Nacional de GEE, os valores da tabela 23 representam o “nível de bioma”.

Na tabela a seguir, são apresentados outros fatores de emissão e parâmetros usados para estimar as emissões e remoções de GEE no bioma Amazônia.

Tabela 5 – Outros fatores de emissão e parâmetros utilizados no bioma Amazônia

Fator de emissão	Valor	Unidade	Fonte
Fator de combustão (Cf)	0,368	Adimensional	Tabela 49 (Brasil, 2020) – valor para o bioma Amazônia
Fator de emissão (G _{ef}) CH ₄	6,8	g/kg matéria seca (m.s.)	Tabela 2.5 (IPCC, 2006) – valores para Floresta Tropical
Fator de emissão (G _{ef}) N ₂ O	0,2	g/kg matéria seca (m.s.)	
Conteúdo de carbono	0,47	ton. C/ton. m.s.	IPCC, 2006
“Fator de perda” de AGB CS1	- 29	%	Tabela 30 (Brasil, 2020) – estes valores são referentes à biomassa remanescente e representam as mais atualizadas estimativas revisadas por pares atualmente disponíveis no Brasil
“Fator de perda” de AGB CS2	- 27	%	
“Fator de perda” de AGB CS3	- 26	%	
“Fator de perda” de AGB CS4	- 22	%	
Remoção de carbono por regeneração da vegetação secundária	3,03	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020) – fator de remoção considerando a recuperação de floresta secundária após uso como pastagem

Fator de emissão	Valor	Unidade	Fonte
Estoques de carbono em pastagens	10	ton. C/ha/	Tabela 29 (Brasil, 2020)
Remoção de carbono em agricultura perene	0,91	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020)
Remoção de carbono em agricultura semiperene e temporária	0	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020)

OBS: CS - corte seletivo desordenado.

3.7. Bioma Cerrado

3.7.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade (áreas de desmatamento) para o bioma Cerrado foram obtidos do PRODES.

3.7.2. Fatores de emissão

Trinta e três (33) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Cerrado, sendo a mais abundante a Savana Arborizada (Sa). A **Tabela 6** apresenta as fitofisionomias florestais consideradas no bioma Cerrado para a elaboração do FREL, bem como os respectivos estoques de carbono para cada reservatório de carbono. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 6 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Cerrado e os respectivos estoques de carbono (tC/ha)

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	117,29	11,73	9,5	6,77	145,3
Ab	Floresta Ombrófila Aluvial das Terras Baixas	133,9	13,39	10,85	7,73	165,89
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	71,1	7,11	5,76	4,11	88,08
Ca	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	88,36	21,27	9,75	2,08	121,46
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	69,38	16,65	7,63	11,21	104,87
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	31,1	11,5	4,67	4,67	51,94
		84,38	20,25	9,28	13,63	127,54
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	41,4	15,3	6,21	6,1	69,01
		84,38	20,25	9,28	13,63	127,54
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	90,51	28,06	8,51	3,63	130,71
Db	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	85,73	45,38	2,98	4,11	138,2
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	81,99	25,42	7,71	3,29	118,41
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	52,99	5,3	4,29	3,06	65,64
		56,89	11,38	6,26	1,34	75,86
		58,05	13,66	2,98	5,24	79,93

		121,92	29,26	13,41	2,87	167,46
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	65,98	6,6	5,34	3,81	81,73
		63,07	14,84	2,98	3,03	83,92
		63,07	33,4	2,98	3,03	102,48
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	50,48	26,73	2,98	2,42	82,61

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
		50,48	11,88	2,98	2,42	67,76
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	39,96	7,99	4,4	2,58	54,93
		62,23	14,64	2,98	3,63	83,48
Ma	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	64,25	15,12	2,98	3,08	85,43
MI	Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	78,82	18,54	2,98	3,78	104,12
Mm	Floresta Ombrófila Mista Montana	60,11	14,15	2,98	2,88	80,12
ON	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	72,88	15,48	6,06	7,77	102,18
P	Formação Pioneira	24,64	9,12	2,71	4	36,51
Pf	Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	25,82	9,55	2,84	0,04	38,26
Pm	Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	23,46	8,68	2,58	0,04	34,76
S	Savana	26,69	16,94	3,12	4,88	51,63
Sa	Savana Arborizada	12,03	24,54	1,68	3,06	41,31
Sd	Savana Florestada	46,14	10,15	5,08	7,45	68,82
		35,06	7,71	3,86	5,66	52,29
		69,2	15,22	7,61	11,17	103,21
		33,29	7,32	3,66	5,38	49,64
SM	Contato Savana / Floresta Ombrófila Mista	44,16	16,07	3,21	4,15	67,57
SN	Contato Savana / Floresta Estacional	43,49	15,42	4,26	5,33	68,5
SO	Contato Savana / Floresta Ombrófila	39,01	17,61	4,12	5,59	66,33
ST	Contato Savana / Savana Estépica	18,64	13,26	3,21	4,34	36,11
STN	Contato Savana / Savana-Estépica / Floresta Estacional	25,27	15,5	3,2	4,44	47,57
T	Savana Estépica	17,8	7,7	2,97	2,33	30,8
Ta	Savana Estépica Arborizada	9,6	5,8	1,25	1,25	17,9
Td	Savana Estépica Florestada	26	9,6	4,68	3,05	43,33
TN	Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	30,03	10,28	4,46	4,15	45,83

OBS: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira

Fonte: Tabela 29 (Brasil, 2020)

Na tabela a seguir, são apresentados outros fatores de emissão e parâmetros usados para estimar as emissões e remoções de GEE no bioma Cerrado.

Tabela 7 – Outros fatores de emissão e parâmetros utilizados no bioma Cerrado

Fator de emissão	Valor	Unidade	Fonte
Fator de combustão (Cf)	0,379	Adimensional	Tabela 49 (Brasil, 2020) – valor para o bioma Amazônia
Fator de emissão (Gef) CH ₄	6,8	g/kg matéria seca (m.s.)	Tabela 2.5 (IPCC, 2006) – valores para

Fator de emissão (G _{ef}) N ₂ O	0,2	g/kg matéria seca (m.s.)	Floresta Tropical
Conteúdo de carbono	0,47	ton. C/ton. m.s.	IPCC, 2006

Fator de emissão	Valor	Unidade	Fonte
Remoção de carbono por regeneração de vegetação secundária	2,85	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020) – fator de remoção anual por unidade de área para floresta secundária em pastagem ¹⁵
Estoques de carbono em pastagens	7,57	ton. C/ha/	Tabela 29 (Brasil, 2020)
Remoção de carbono em cultura agrícola perene	2,6	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020)
Remoção de carbono em cultura agrícola semiperene e temporária	0	ton. C/ha/ano	Tabela 29 (Brasil, 2020)

¹⁵ De acordo com o relatório de referência do Inventário Nacional de GEE, a fonte do valor de 2,85 tC/ha/ano é uma “média entre pastagens abandonadas entre 1 a 5 anos e 6 a 10 anos na Amazônia (FELDPAUSCH et al., 2007). Fator de expansão para a biomassa abaixo do solo de 9,20 (IPCC 2006, vol. 4, cap. 4, tab. 4.4)”. A equipe do Inventário Nacional de GEE consultou especialistas e concluiu que a referência e os valores são aplicáveis às circunstâncias do Cerrado.

FELDPAUSCH, T. R. et al. Secondary forest growth deviation from chronosequence predictions in central Global Change Biology, v. 13, n. 5, p. 967-979, 2007.

3.8. Bioma Caatinga

3.8.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade utilizados para o bioma Caatinga foram obtidos do PRODES.

3.8.2. Fatores de emissão

Vinte e quatro (24) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Caatinga, sendo a mais abundante a Savana Estépica Arborizada (Sa). A **Tabela 8** apresenta as fitofisionomias florestais consideradas no bioma Caatinga para a elaboração do FREL, bem como os respectivos estoques de carbono para cada reservatório de carbono. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 8 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Caatinga e os respectivos estoques de carbono

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	44,7	8,08	3,78	0,77	57,33
Ab	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	44,7	8,08	3,78	0,77	57,33
Am	Floresta Ombrófila Aberta Montana	44,7	8,08	3,78	0,77	57,33

As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	76,4	28,3	11,46	11,21	127,3
Ca	Floresta Estacional Decidual Aluvial	88,6	21,3	9,75	2,08	121,72
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	55,3	8,5	4,68	6,86	75,30
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	31,1	11,5	4,66	4,57	51,84
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	41,4	15,3	6,21	6,08	69,05
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	149	22,5	10,90	3,43	185,70
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	149	22,5	10,90	3,43	185,70
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	149	22,5	10,90	3,43	185,70
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	74	11,4	6,26	1,34	92,94
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	80,4	14,8	6,80	3,99	106,01
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	59,3	22	8,90	8,71	98,89
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	82,7	30,6	12,41	12,15	137,89
Pf	Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha	123	37,8	9,53	0,18	170,54
Pm	Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	102	21,9	22,18	1,41	147,09
Sa	Savana Arborizada	12	24,5	1,68	3,06	41,31
Sd	Savana Florestada	39,5	14,6	5,92	5,79	65,79
SN	Contato Savana / Floresta	44,7	14,7	5,32	4,89	69,66

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
ST	Contato Savana / Formação Pioneira - Específico para Formação Pioneira com influência marinha (Restinga)	13,5	9,24	1,82	1,88	26,47
Ta	Savana Estépica Arborizada (caatinga aberta)	9,59	5,85	1,25	1,6	18,28
Td	Savana Estépica Florestada (caatinga densa)	26	9,62	4,68	3,05	43,34
TN	Contato Savana / Floresta Estacional	42,1	13,1	5,05	3,9	64,16

OBS: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira

Fonte: Tabela 26 (Brasil, 2020)

3.9. Bioma Mata Atlântica

3.9.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade utilizados para o bioma Mata Atlântica foram obtidos do PRODES.

3.9.2. Fatores de emissão

Quarenta e oito (48) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Mata Atlântica, sendo as mais abundantes a Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs), a Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm) e a Floresta Ombrófila Mista Montana (Mm). A **Tabela 9** apresenta as fitofisionomias florestais consideradas no bioma Mata Atlântica para a elaboração do FREL, bem como os respectivos estoques de carbono para cada reservatório de carbono. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de

carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 9 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Mata Atlântica e os respectivos estoques de carbono

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	35,06	7,19	2,98	1,86	47,09
Ab	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	35,06	7,19	2,98	1,86	47,09
Am	Floresta Ombrófila Aberta Montana	35,06	7,19	2,98	1,68	46,91
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	35,06	7,19	2,98	4,19	49,42
Ca	Floresta Estacional Decidual Aluvial	88,6	21,3	9,8	2,1	121,8
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	52,08	10,68	2,98	2,5	68,24
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	58,14	11,92	2,98	2,79	75,83
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	74,1	19,6	8,2	4,6	106,5

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
D	Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)	63,17	14,84	2,98	3,03	84,02
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	127,1	29,9	14	2,9	173,9
Db	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	85,73	20,15	2,98	4,11	112,97
DI	Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana	64,63	15,19	2,98	3,1	85,9
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	140	32,9	2,98	7	182,88
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	141,1	33,16	2,98	3,41	180,65
E	Estepe	0,8	0,16	0,04	0,04	1,04
EM	Contato Estepe / Floresta Ombrófila Mista	49,26	10,1	2,98	2,36	64,70
EN	Contato Estepe / Floresta Estacional	52,17	10,69	2,98	2,5	68,34
F	Floresta Estacional Semidecidual	57,86	11,86	2,98	2,78	75,48
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	58,05	11,9	2,98	5,24	78,17
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	63,07	14,82	2,98	3,03	83,90
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	75,1	17,65	2,98	3,76	99,49
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	96,5	22,68	2,98	3,63	125,79
La	Campinarana Arborizada	8,88	4,7	0,44	0,43	14,45
M	Floresta Ombrófila Mista	62,51	12,81	2,98	3	81,3
Ma	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	64,25	15,1	2,98	3,08	85,41
MI	Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	78,82	18,52	2,98	3,78	104,10
Mm	Floresta Ombrófila Mista Montana	108,3	25,45	2,98	5,42	142,15
Ms	Floresta Ombrófila Mista Submontana	108	19	11,9	3,8	142,7
NM	Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista	58,28	11,95	2,98	2,8	76,01
NP	Contato Floresta Estacional / Formação Pioneira - Específico para Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	57,95	11,88	2,98	2,78	75,59
OM	Contato Floresta Ombrófila Densa / Floresta Ombrófila Mista	62,89	14,78	2,98	3,02	83,67
ON	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	59,13	13,89	2,98	2,84	78,84
OP	Contato Floresta Ombrófila / Formação Pioneira - Específico para Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	63,26	14,87	2,98	3,04	84,15
P	Áreas de Formações Pioneiras	79,15	18,6	2,98	3,8	104,53
Pf	Vegetação com Influência Fluvio-marinha	62,42	14,67	2,98	2,99	83,06

Pm	Vegetação com Influência Marinha (Restinga)	79,71	18,73	2,98	3,28	104,70
S	Savana	26,69	16,94	3,12	4,88	51,63
Sa	Savana Arborizada	12,03	24,54	1,68	3,06	41,31
Sd	Savana Florestada	69,2	15,22	7,61	11,17	103,2
SM	Contato Savana / Floresta Ombrófila Mista	44,16	16,07	3,21	4,15	67,59
SN	Contato Savana / Floresta Estacional	43,49	15,42	4,26	5,33	68,50
SO	Contato Savana / Floresta Ombrófila	39,01	17,61	4,12	5,59	66,33
SP	Contato Savana / Formação Pioneira	36,94	7,57	2,98	1,78	49,27
ST	Contato Savana / Formação Pioneira - Específico para Formação Pioneira com influência marinha (Restinga)	18,64	13,26	3,21	4,34	36,11
T	Contato Savana / Savana Estépica	8,13	4,31	0,4	0,39	13,23
Ta	Savana Estépica Arborizada	8,13	4,3	0,4	0,4	13,23
Td	Savana Estépica Florestada	18,94	10,03	0,93	0,91	30,81
TN	Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	55,88	11,7	2,98	2,68	73,24

OBS: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira
Fonte: Tabela 25 (Brasil, 2020)

3.10. Bioma Pampa

3.10.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade utilizados para o bioma Pampa foram obtidos do PRODES.

3.10.2. Fatores de emissão

Vinte e oito (28) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Pampa, sendo a mais abundante a Estepe (E). A **Tabela 10** apresenta as fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pampa para a elaboração do FREL, bem como os respectivos estoques de carbono para cada reservatório de carbono considerado. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 10 - Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pampa e os respectivos estoques de carbono

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Ca	Floresta Estacional Decidual Aluvial	98,7	23,69	10,86	2,93	136,17
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	52,08	12,25	2,98	2,5	69,80
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	120,58	28,94	13,26	4,51	167,29
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	120,58	28,94	13,26	4,38	167,16
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	64,625	15,21	2,98	3,1	85,91
Db	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	85,728	20,17	2,98	4,11	112,98
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	114,38	28,97	12,53	3,53	159,41
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	126,3	30,31	13,89	3,87	174,38
E	Estepe	1,03	4,74	0	3,63	9,40
Ea	Estepe Arborizada	37,74	10,58	5,12	2,07	55,51

EM	Contato Estepe / Floresta Ombrófila Mista	1,03	4,74	0	3,63	9,40
EN	Contato Estepe / Floresta Estacional	0,73	0,77	0	3,63	5,13
EP	Contato Estepe / Formações Pioneiras	37,74	10,58	5,12	2,07	55,51
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	58,04	13,66	2,98	5,24	79,92
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	62,65	15,04	6,89	1,47	86,05
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	82,24	16,12	3,06	5,35	106,76

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	78,82	18,92	8,48	3,07	109,29
Ma	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	64,249	15,12	2,98	3,08	85,42
Ms	Floresta Ombrófila Mista Submontana	92,77	23,49	10,77	3,68	130,71
Mm*	Floresta Ombrófila Mista Montana					142,15
NM	Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista	120,58	28,94	13,26	4,38	167,16
NP	Contato Floresta Estacional / Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	1,04	10,15	0	1,59	12,77
OM	Contato Floresta Ombrófila Densa / Floresta Ombrófila Mista	120,58	28,94	13,26	4,38	167,16
OP	Contato Floresta Ombrófila / Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	1,04	10,15	0	1,59	12,77
P	Áreas de Formações Pioneiras	1,03	4,74	0	3,63	9,40
Pf	Vegetação com Influência Fluvio-marinha	1,04	10,15	0	1,59	12,77
Pm	Vegetação com Influência Marinha (Restinga)	1,04	10,15	0	1,59	12,77
T	Savana Estépica	120,58	28,94	13,26	4,38	167,16

OBS: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira

Fonte: Tabela 27 (Brasil, 2020)

3.11. Bioma Pantanal

3.11.1. Dados de atividade

Conforme explicado na seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”, os dados de atividade (áreas de desmatamento) para o bioma Pantanal foram obtidos do PRODES.

3.11.2. Fatores de emissão

Quinze (15) fitofisionomias florestais estão presentes no mapa da vegetação do bioma Pantanal, sendo as mais abundantes a Savana Arborizada (Sa) e a Savana Florestada (Sd). A **Tabela 11** apresenta as fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pantanal para a elaboração do FREL, bem como os respectivos estoques de carbono para cada reservatório de carbono. Para cada tipo de fitofisionomia florestal, o estoque total corresponde à soma dos estoques individuais de carbono para os quatro reservatórios de carbono incluídos: biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI).

Tabela 11 – Fitofisionomias florestais consideradas no bioma Pantanal e os respectivos estoques de carbono

Sigla	Fitofisionomias	AGB	BGB	DW	LI	C TOTAL
Ca	Floresta Estacional Decidual Aluvial	88,62	21,27	9,75	2,08	121,72
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	69,38	16,65	7,63	11,21	104,87
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	84,38	20,25	9,28	13,63	127,54
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	121,92	29,26	13,41	2,87	167,46
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	65,98	6,6	5,34	3,81	81,73
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	62,23	14,64	2,98	3,63	83,48
SN	Contato Savana / Floresta Estacional	12,03	24,53	1,68	3,06	41,31
TN	Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	121,92	29,26	13,41	2,87	167,46
S	Savana	69,2	15,22	7,61	11,17	103,21
Sa	Savana Arborizada	12,03	24,53	1,68	3,06	41,31
Sd	Savana Florestada	69,2	15,22	7,61	11,17	103,21
ST	Contato Savana / Savana Estépica	59,82	13,76	6,58	1,4	81,56
T	Savana Estépica	120,58	28,94	13,26	4,38	167,16
Ta	Savana Estépica Arborizada	4,31	7,15	0,22	0,28	11,96
Td	Savana Estépica Florestada	66,43	14,62	7,31	10,73	99,09

OBS: AGB - biomassa acima do solo / BGB - biomassa abaixo do solo / DW - madeira morta / LI - serapilheira

Fonte: Tabela 28 (Brasil, 2020)

4. Informações metodológicas utilizadas na construção do FREL nacional

4.1. Papel do Grupo de Trabalho Técnico sobre MRV de REDD+

Em 4 de abril de 2022, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou o **Grupo de Trabalho Técnico sobre MRV de REDD+** (GTT MRV) por meio da Resolução CONAREDD+ nº 7/2022. Este grupo é composto por especialistas nas áreas de mudança do clima e florestas, oriundos de instituições brasileiras de renome.

O GTT MRV forneceu contribuições importantes para o desenvolvimento deste FREL, incluindo orientações sobre a definição de desmatamento e degradação, as fitofisionomias florestais a serem consideradas, os reservatórios de carbono e os GEE a serem incluídos¹⁶.

4.2. Estimativa do FREL nacional do Brasil

4.2.1. Emissões por desmatamento e degradação florestal

As metodologias utilizadas para estimar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por desmatamento e degradação florestal, bem como as remoções de carbono, são baseadas nas Diretrizes de 2006 do IPCC (IPCC, 2006). De forma geral, as estimativas das emissões de GEE (mensuradas em toneladas de dióxido de carbono equivalente – tCO₂eq) resultam da multiplicação dos dados de atividade pelos fatores de emissão.

No caso em que a degradação foi considerada, como ocorreu com o bioma Amazônia, as emissões foram calculadas de forma cronológica a fim de refletir a redução gradual dos estoques de carbono nos reservatórios apropriados ao longo do tempo, quando aplicável. Essa abordagem assegura que as emissões não sejam superestimadas, pois o estoque de

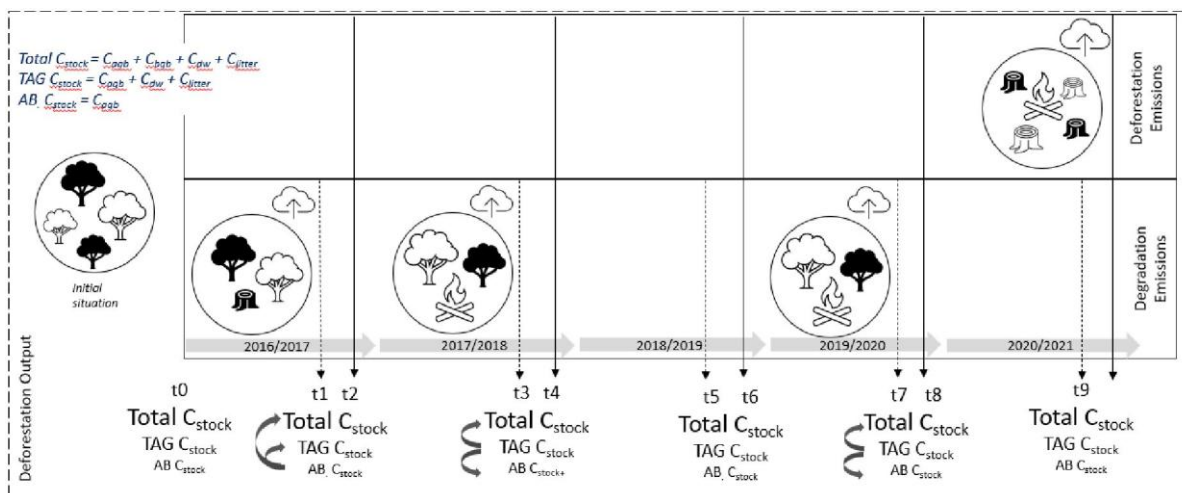


Figura 14 – Abordagem metodológica para estimar as emissões de GEE por desmatamento e degradação florestal

Fonte: elaboração própria

carbono disponível no tempo t corresponde ao estoque remanescente no tempo $t-1$ (Figura 14).

¹⁶ As atas do GTT MRV REDD+ estão registradas e disponibilizadas publicamente no site do MMA pelo seguinte link: <http://redd.mma.gov.br/pt/reunioes>

Tendo em vista que diferentes tipos de degradação impactam distintos reservatórios de carbono, foram utilizados os seguintes termos nas planilhas de cálculo para o bioma Amazônia, a fim de contabilizar as emissões de forma coerente com esses impactos:

1. **Estoque total de carbono (Total C_{stock}):** soma dos quatro reservatórios de carbono considerados – biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, madeira morta e serapilheira – relevantes para a estimativa das emissões associadas ao desmatamento:

$$Total\ C_{stock} = CABG + CBGB + CDW + CLI$$

2. **Estoque total de carbono acima do solo (TAG C_{stock}):** soma dos reservatórios de carbono acima do solo – biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira – relevantes para a estimativa das emissões por fogo em florestas manejadas:

$$TAG\ C_{stock} = CABG + CDW + CLI$$

3. **Estoque de carbono na biomassa acima do solo (AGB C_{stock}):** refere-se apenas à biomassa

acima do solo, relevante para a estimativa das emissões associadas ao corte seletivo desordenado:

$$AGB.C_{stock} = C_{AGB}$$

Os cálculos podem ser divididos em três fases:

FASE 1 - As camadas de dados espaciais (mapas) foram avaliadas por meio de ferramentas SIG a fim de verificar lacunas, topologia, entre outros aspectos. Os problemas encontrados nesta etapa e a forma como foram corrigidos são descritos em “Procedimentos de controle de qualidade e garantia da qualidade”. Devido ao grande volume de dados, os resultados desta fase foram exportados como três resultados diferentes (isto é, três planilhas para cálculos subsequentes), conforme detalhado a seguir:

RESULTADO DE DESMATAMENTO: Contém todas as áreas desmatadas de 2016-2017 a 2020-2021 e suas trajetórias correspondentes, ou seja, as áreas de floresta que foram inicialmente submetidas a degradação e posteriormente desmatadas estão incluídas nesses arquivos e tabelas. No caso do bioma Amazônia, esses resultados foram subdivididos em duas partes: i) áreas desmatadas com unidade mínima de mapeamento (UMM) entre 1 ha e 6,25 ha; e ii) áreas desmatadas de 6,25 ha ou mais. Foi necessário realizar essa subdivisão, pois os dados de desmatamento produzidos anualmente pelo INPE para a Amazônia Legal (PRODES) utilizam UMM de 6,25 ha ou mais, a fim de garantir consistência ao longo da série temporal desde 1988.

RESULTADO DE DEGRADAÇÃO: Contém todas as áreas de florestas em terras manejadas sujeitas a degradação no bioma Amazônia e que não foram convertidas em desmatamento até o último período anual do período de referência (2020-2021).

FASE 2 - Nesta fase, os cálculos das emissões de GEE foram realizados de forma cronológica para degradação florestal e desmatamento. Isso implica que as perdas de carbono do estoque inicial de 2016 foram contabilizadas à medida que cada atividade de REDD+ ocorria e os estoques de carbono eram progressivamente atualizados, de modo a evitar dupla contagem entre desmatamento e degradação no caso do bioma Amazônia. Em outras palavras, o processo e a sequência da degradação foram considerados para calcular as emissões em desmatamentos subsequentes (para mais detalhes, consulte a Seção 8.4). Os cálculos e resultados desta fase também foram subdivididos de acordo com três componentes de saída:

RESULTADO DE DESMATAMENTO: Contém as emissões de GEE por desmatamento. As estimativas das emissões por desmatamento consideraram o estoque total de carbono (soma do estoque de carbono na biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, madeira morta e serapilheira).

RESULTADO DE DEGRADAÇÃO: Contém as emissões de GEE por degradação florestal para o bioma Amazônia. As emissões provenientes de degradação por fogo consideraram apenas o estoque de carbono acima do solo (soma do estoque de carbono na biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira). As estimativas das emissões provenientes de degradação por corte seletivo desordenado consideraram apenas o estoque de carbono na biomassa acima do solo.

FASE 3 - As remoções por uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” foram calculadas para os biomas Amazônia e Cerrado. Na ausência de dados anuais, o uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” foi definido utilizando a série temporal TerraClass (2014 e 2020 para a Amazônia; 2018 e 2020 para o Cerrado) como *proxy* para a definição do uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” no período do FREL (2016/2017-2020/2021).

FASE 4 - Durante esta fase, os resultados foram agrupados e o balanço final de emissões e remoções foi estimado, representando as emissões líquidas de GEE para a Amazônia e o Cerrado. Para os biomas Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, foram estimadas apenas as emissões brutas de GEE.

Descrições detalhadas da aplicação das abordagens acima estão disponíveis na Seção 8:

- “Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Amazônia”;
- “Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Cerrado”;
- e
- “Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal”.

4.2.2. Aumento dos estoques de carbono florestal

FASE 1 - Operações SIG: Os mapas de vegetação secundária (VS) fornecidos pelo TerraClass para o bioma Amazônia (para os anos de 2004, 2008, 2010, 2012, 2014 e 2020) foram utilizados como entradas em operações espaciais a fim de identificar, em cada polígono, as áreas de VS na série temporal.

FASE 2 - Remoções: Foi utilizada interpolação linear para estimar a área anual absoluta de VS de 2014 a 2020, e as remoções anuais foram estimadas conforme a equação apresentada na Seção 5.3.5.

FASE 3 - Emissões: Tendo em vista que também foram disponibilizadas informações sobre a área de VS perdida, foram estimadas as emissões de CO₂ por desmatamento dessas áreas. A partir da Fase 1, foram identificadas informações sobre a idade da VS no evento de perda. Foi também aplicada interpolação linear para definir as áreas de VS perdida anualmente entre 2014 e 2020. As emissões foram então estimadas conforme a equação apresentada na Seção 5.3.5.

FASE 4 - AECF líquido: A partir das informações sobre as remoções e emissões por ganho e perda de VS, foi estimado o aumento líquido dos estoques de carbono florestal.

Descrições detalhadas da execução das fases acima estão disponíveis na Seção 8.

4.3. Equações utilizadas na elaboração do FREL nacional do Brasil

As estimativas das emissões e remoções para o FREL nacional baseiam-se no método de ganho e perda do IPCC de 2006 (IPCC, 2006). São utilizadas as equações a seguir, levando em consideração as atividades de REDD+ e os gases não-CO₂ considerados para cada bioma, conforme indicado na **Tabela 3**. Informações detalhadas relacionadas à estimativa em cada bioma são descritas na seção “Estimativa do FREL nacional do Brasil”. A Equação 1 é uma adaptação da equação 2.3 das Diretrizes do IPCC (2006):

$$\Delta C_B = \Delta C_{AGB} + \Delta C_{BGB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_U$$

Equação 1

Onde:

- ΔC_B = mudança no estoque de carbono
- ΔC_{AGB} = mudança no estoque de biomassa acima do solo
- ΔC_{BGB} = mudança no estoque de biomassa abaixo do solo
- ΔC_{DW} = mudança no estoque de madeira morta
- ΔC_U = mudança no estoque de serapilheira

4.3.1. Emissões brutas por desmatamento

Para cada polígono de desmatamento i , identificado em cada período anual do período de nível de referência, a emissão de CO₂ associada é estimada como o produto de sua área (hectares) e do estoque total de carbono (soma dos estoques de carbono nos reservatórios considerados), multiplicado por 44/12 para converter toneladas de carbono em toneladas de dióxido de carbono (Equação 2).

$$GE_{b,t,f,p} = A_{b,t,f,p} * (Ca_{b,t,f,p} + Cb_{b,t,f,p} + Cd_{b,t,f,p} + Cl_{b,t,f,p}) * 44/12$$

Equação 2

Onde:

- $GE_{b,t,f,p}$ = emissões de CO₂ associadas a desmatamento no polígono p , sob as fitofisionomias f do bioma b , no período anual t ; (toneladas)
- $A_{b,t,f,p}$ = área do polígono de desmatamento p , sob as fitofisionomias f do bioma b , no período anual t ; (ha)
- $Ca_{b,t,f,p}$ = estoque de carbono na biomassa acima do solo no polígono p sob as fitofisionomias f do bioma b no período anual t (tC)
- $Cb_{b,t,f,p}$ = estoque de carbono na biomassa abaixo do solo no polígono p sob as fitofisionomias f do bioma b no período anual t (tC)
- $Cd_{b,t,f,p}$ = estoque de carbono em madeira morta no polígono p sob as fitofisionomias f do bioma b no período anual t (tC)
- $Cl_{b,t,f,p}$ = estoque de carbono em serapilheira no polígono p sob as fitofisionomias f do bioma b no período anual t (tC)
- $44/12$ = fator de conversão de C para CO₂; (adimensional)

Para cada bioma b e período anual t , as emissões brutas totais de CO₂ por desmatamento são estimadas como a soma das emissões de CO₂ de todos os polígonos desmatados identificados nesse período, conforme expresso na Equação 3:

$$GE_{bt} = \sum_{p=1}^{P_{b,t}} GE_{b,t,p}$$

Equação 3

Onde:

- GE_{bt} = emissões totais de CO₂ para o período t no bioma b ; toneladas de CO₂
- $GE_{b,t,p}$ = emissões de CO₂ associadas ao polígono desmatado p ; toneladas de CO₂
- $P_{b,t}$ = número de polígonos desmatados identificados no período t e bioma b ; adimensional

4.3.2. Emissões brutas provenientes da degradação por fogo

Para estimar as emissões provenientes de degradação florestal por fogo, foi utilizada a equação genérica 2.14 das Diretrizes de 2006 do IPCC¹⁷, conforme reproduzido abaixo na Equação 4:

$$L_{disturbance} = \{A_{disturbance} \times B_w \times (1 + R) \times CF \times Cf\}$$

Equação 4

Onde:

- $A_{disturbance}$ = área afetada pela perturbação (hectares)
- B_w = média de biomassa acima do solo de áreas de formações afetadas por perturbações, toneladas de m.s./ha⁻¹
- R = razão entre biomassa abaixo do solo e biomassa acima do solo, em toneladas de m.s. de biomassa abaixo do solo (toneladas de m.s. de biomassa acima do solo)⁻¹. Adotou-se valor zero para R , pressupondo a ausência de mudanças na biomassa abaixo do solo
- CF = fração de carbono da matéria seca, tonelada C (toneladas m.s.)⁻¹
- Cf = fator de combustão; adimensional; (consultar a **Tabela 5** e a **Tabela 7**)

As emissões de gases não-CO₂ são estimadas seguindo a equação 2.27 das Diretrizes do IPCC (2006)¹⁸, reproduzida na Equação 5:

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

Equação 5

Onde:

- L_{fire} = quantidade de emissões de GEE por fogo de cada GEE (CH₄ e N₂O)
- A = área queimada; hectares
- M_B = biomassa disponível; toneladas por hectare
- C_f = fator de combustão; adimensional
- G_{ef} = fator de emissão; g/kg de matéria seca queimada

Cada tonelada de GEE foi convertida em tonelada de CO₂ equivalente, utilizando os valores de PAG de 100 anos do 5º Relatório de Avaliação do IPCC¹⁹:

- CH₄ para CO₂ = 28
- N₂O para CO₂ = 265

¹⁷ Equação 2.14 do Capítulo 2 (Metodologias Genéricas Aplicáveis a Múltiplas Categorias de Uso da Terra) do Volume 4 (Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra) das Diretrizes do IPCC (2006) para Inventários Nacionais de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf

¹⁸ Equação 2.27 do Capítulo 2 do IPCC (2006)

¹⁹ Tabela 8.A.1 disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

4.3.3. Emissões brutas provenientes da degradação por corte seletivo desordenado

Para cada polígono de corte seletivo desordenado (CS) identificado, foi avaliada uma trajetória (recorrências durante o período de referência, se houver) e um único respectivo “fator de perda de biomassa” acima do solo foi utilizado - **Tabela 12**. As perdas percentuais de biomassa acima do solo (ΔCL CS AGB) na Tabela 12 são as mesmas da Tabela 30 de Brasil (2020). Pressupõe-se que as emissões por possíveis “danos colaterais a árvores” estejam incluídas nas perdas.

Tabela 12 – Representação de possíveis trajetórias (recorrências) de corte seletivo desordenado e o respectivo “fator de perda de biomassa” acima do solo

Trajetória potencial de F-CS					
Área inicial	Corte seletivo desordenado dentro do período de nível de referência				ΔCL CS AGB (%)
F	CS1				-29%
F	CS1	CS2			-27%
F	CS1	CS2	CS3		-26%
F	CS1	CS2	CS3	CS4	-22%

Fonte: Tabela 30 (Brasil, 2020)

4.3.4. Remoções de carbono da categoria de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”

O uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” foi definido utilizando a distribuição do uso e cobertura da terra fornecida pelo TerraClass e pressupondo que as proporções de terra sob cada categoria de cobertura da terra considerada permanecem constantes ao longo do período de referência. Em outras palavras, a partir dos mapas de uso e cobertura da terra por bioma fornecidos pelo TerraClass (2014 e 2020 para a Amazônia; 2018 e 2020 para o Cerrado), a área total anual desmatada em cada ano do período de referência foi atribuída às categorias “Pastagem” ou “Agricultura” utilizando as proporções estimadas para cada, a partir dos dados de referência do TerraClass.

Para cada classe de uso e cobertura da terra j identificada no ano t do período de referência, a remoção de CO_2 foi estimada como o produto da sua área e do crescimento anual médio de biomassa, conforme a equação 2.9 das Diretrizes do IPCC (2006) e reproduzida na equação 6:

$$GE_{i,t} = \sum_1^{NR} A_{j,t} \times EF \times 44/12$$

Equação 6

Onde:

- GE_{ij} = aumento anual dos estoques de carbono na biomassa para cada classe de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” i no tempo t ; toneladas de CO₂ por ano por hectare
- $A_{j,t}$ = área j sob cada classe de uso e cobertura da terra no tempo t ; (hectares)
- EF = crescimento anual médio de biomassa; toneladas de C por hectare por ano
- NR = número de classes de uso e cobertura da terra identificadas no tempo t
- $44/12$ = fator de conversão de C para CO₂;

4.3.5. Aumento dos estoques de carbono florestal

Remoções:

$$GE_{i,t} = \sum_1^i A_{j,t} \times EF \times 44/12$$

Equação 7

Onde:

- $GE_{i,t}$ = aumento anual dos estoques de carbono na biomassa proveniente da regeneração de vegetação secundária nas áreas i no tempo t ; toneladas de CO₂
- $A_{j,t}$ = área j dos polígonos de vegetação secundária i estimada no tempo t ; hectares
- EF = crescimento anual médio de biomassa; toneladas de C por hectare por ano
- $44/12$ = fator de conversão de C para CO₂;

Emissões:

$$GE_{i,t} = \sum_1^y A_{j,t} \times Y_{y,t} \times EF \times 44/12$$

Equação 8

Onde:

- $GE_{i,t}$ = emissões de CO₂ associadas à área de perda de vegetação secundária i no tempo t ; toneladas de CO₂
- $A_{j,t}$ = área j de perda de vegetação secundária com idade y estimada no tempo t ; hectares
- Y = idade y no momento do evento de perda no tempo t ; número de anos
- EF = crescimento anual médio de biomassa; toneladas de C por hectare por ano
- $44/12$ = fator de conversão de C para CO₂;

4.3.6. Equações para estimativas de incertezas

As incertezas associadas às emissões de GEE foram estimadas utilizando as equações descritas no volume 1, capítulo 3, página 3.28 das Diretrizes do IPCC (2006):

COMBINAÇÃO DAS INCERTEZAS – ABORDAGEM 1 – MULTIPLICAÇÃO

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Equação 7

Onde:

- U_{total} = incerteza percentual do produto das quantidades
- U_i = incerteza percentual associada a cada uma das quantidades

COMBINAÇÃO DAS INCERTEZAS – ABORDAGEM 1 – SOMA E SUBTRAÇÃO

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Equação 8

Onde:

- U_{total} = incerteza percentual do produto das quantidades
- x_i e U_i = quantidades somadas e as incertezas percentuais associadas a elas, respectivamente

Equação 9

A aplicação da equação 7 à equação 2 resultará em:

$$U_{GE_{ij}} = \sqrt{U_{A_{ij}}^2 + U_{EF_j}^2}$$

Onde:

- GE_i = emissões de CO₂ por desmatamento de áreas sob as fitofisionomias i (t)
- A_i = área total desmatada sob as fitofisionomias i (ha)
- C_i = Conteúdo de carbono total das áreas sob as fitofisionomias i (tC/ha)
- $C_i = Cab_i + Cbb_i + Cdw_i + Cli_i$ conforme definido na Equação 2

Aplicando a equação 8:

$$U_{C_i} = \frac{\sqrt{(U_{Cab_i} \cdot Cab_i)^2 + (U_{Cbb_i} \cdot Cbb_i)^2 + (U_{Cdw_i} \cdot Cdw_i)^2 + (U_{Cli_i} \cdot Cli_i)^2}}{C_i}$$

Equação 10

As equações acima assumem que cada componente não é correlacionado. Isso é razoável em relação aos dados de atividade (área desmatada) e ao conteúdo de carbono total, mas nem sempre se aplica ao conteúdo de carbono para cada reservatório de carbono. Nos casos em que os conteúdos de carbono na biomassa abaixo do solo, serapilheira e madeira morta sejam estimados com base no estoque de carbono estimado na biomassa acima do solo, as equações devem ser revisadas. Por exemplo, no caso em que todos os outros reservatórios de carbono foram obtidos a partir da biomassa acima do solo, aplica-se a equação 11:

$$C_i = Cab_i + Rbb_i \cdot Cab_i + Rdw_i \cdot Cab_i + Rli_i \cdot Cab_i \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

- Rbb_i = Razão biomassa abaixo do solo / biomassa acima do solo para as fitofisionomias i
- Rdw_i = Razão biomassa de madeira morta / biomassa acima do solo para as fitofisionomias i
- Rli_i = Razão serapilheira / biomassa acima do solo para as fitofisionomias i

Aplicando as equações 7 e 8:

$$U_{C_i} = \sqrt{U_{Cab_i}^2 + \frac{\left((Rbb_i * U_{Rbb_i})^2 + (Rdw_i * U_{Rdw_i})^2 + (Rli_i * U_{Rli_i})^2\right)}{(1 + Rbb_i + Rdw_i + Rli_i)^2}} \quad \text{Equação 12}$$

Informações específicas sobre como foram estimadas a incerteza dos dados de atividade (U_{Aij}) e as incertezas dos EFs (U_{EFj}) podem ser encontradas na seção “Acurácia”.

4.3.7. FREL

As emissões anuais foram obtidas utilizando a equação a seguir, levando em consideração as atividades de REDD+ e as remoções consideradas em cada bioma, conforme indicado na **Tabela 3**:

Emissões brutas/líquidas = Emissões brutas por desmatamento + Emissões brutas provenientes de degradação florestal por fogo + Emissões brutas provenientes de degradação por corte seletivo desordenado - Remoções pela regeneração natural de florestas (apenas para os biomas Amazônia e Cerrado)

Equação 13

Por fim, o FREL nacional foi obtido a partir da soma das médias das emissões brutas/líquidas anuais no período de nível de referência:

$$MGE_p = \sum_1^b GE_t$$

Equação 14

Onde:

- MGE_p = média das emissões brutas/líquidas de GEE para o bioma b ; toneladas de CO₂eq por ano
- GE_t = emissão bruta/líquida no ano t ; toneladas de CO₂eq
- b = número de biomas

5. Informações transparentes, completas, consistentes e acuradas

Além das informações apresentadas nas seções anteriores, esta seção segue as diretrizes contidas no Anexo à decisão 12/CP.17²⁰ sobre a submissão de níveis de referência, bem como os princípios do IPCC de: **Transparência, Acurácia, Completude e Consistência (princípios TACC)**.

5.1. Transparência

Para obter informações adicionais sobre como aumentar a transparência da submissão, consulte os anexos:

- Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de desmatamento;
- Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de degradação florestal;
- Informações adicionais relacionadas às áreas de regeneração natural de florestas (vegetação secundária);
- Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Amazônia;
- Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Cerrado;
- Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal; e
- Descrição detalhada da estimativa do FREL nacional.

5.2. Acurácia

A incerteza associada às emissões de CO₂ foi estimada com base na incerteza associada aos dados de atividade (ex., área desmatada) e na incerteza associada aos EF (ex., conteúdo de carbono em cada reservatório de carbono); para as equações gerais aplicadas, consulte a seção “Equações para estimativas de incertezas”.

5.2.1. Incerteza dos dados de atividade

A acurácia das áreas desmatadas em cada bioma foi estimada utilizando a metodologia proposta em Olofsson et al. (2014). Para determinar a acurácia da interpretação e estimar a incerteza associada às áreas desmatadas em cada período anual de 2016/2017 a 2020/2021, foi aplicada uma amostragem estratificada aleatória de acordo com as duas categorias adotadas (floresta natural e desmatamento). Foram utilizados mapas de referência para cada ano de 2016 a 2021.

O tamanho amostral (número de pontos amostrados por estrato) foi definido aplicando-se a chamada “alocação ótima de Neyman”, descrita por Cochran (1977), Congalton & Green (2009) e Stehman (2012).

²⁰ Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2011/cop17/eng/09a02.pdf>

Primeiramente, o tamanho total da amostra foi definido, considerando todos os biomas como um único território a ser amostrado:

$$n = \left[\frac{\sum_{i=1}^H W_i * S_i}{s(\hat{O})} \right]^2$$

Equação 15

Onde:

- **n** = número total de amostras
- **W_i** = proporção da categoria *i*
- $S_i = \sqrt{U_i * (1 - U_i)}$ = desvio padrão da categoria *i*
- **s(Ô)** = erro padrão esperado da amostragem
- **U_i** = acurácia estimada do mapa (fornecida pelo intérprete)

A distribuição da amostra por categoria (n_i) foi estimada utilizando:

$$n_i = n * \frac{(t_{xi})^a * N_i * \sqrt{U_i * (1 - U_i)}}{\sum_{i=1}^H (t_{xi})^a * \sqrt{U_i * (1 - U_i)}}$$

Equação 16

Onde:

- **t_{xi}** = P_i * N_i; onde:
 - **P_i** = proporção da categoria *i* em relação à população total
 - **N_i** = população da categoria *i* (número total de pixels ocupados pela categoria *i*)
- **a=1/2 ou 1/3** segundo Särndal, Swensson, & Wretman (1992)

A tabela a seguir apresenta o número de parcelas amostrais por bioma e a categoria que foram consideradas para estimar a acurácia dos dados de atividade.

Tabela 13 – Distribuição de amostras por bioma e categoria

Bioma	Vegetação natural	Desmatamento	Total
Amazônia	386	208	594
Cerrado	367	202	569
Caatinga	449	116	565
Mata Atlântica	368	166	534
Pampa	325	417	742
Pantanal	525	491	1016

Fonte: cálculos próprios

Uma vez definido o tamanho da amostra para cada bioma e categoria (vegetação natural e desmatamento), as parcelas amostradas foram avaliadas utilizando imagens de maior resolução espacial, permitindo-se confirmar ou não a classificação.

Essa etapa foi conduzida utilizando um sistema computacional desenvolvido pelo INPE, que permitiu

ao intérprete observar simultaneamente a parcela amostrada e as imagens de alta resolução espacial, complementadas por dados gráficos descrevendo a dinâmica do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), o que possibilitou identificar variações associadas a remoção, crescimento ou estabilidade da cobertura vegetal na parcela amostral ao longo do tempo. A figura a seguir apresenta um exemplo de uma amostra selecionada aleatoriamente para cada bioma, com as informações complementares utilizadas para estimar a acurácia do mapeamento: para cada ponto amostrado (imagem ao centro), o intérprete dispunha de imagens adicionais de alta resolução espacial (canto superior direito) e do gráfico de NDVI (parte inferior).



Figura 15 – Exemplo de amostra em cada bioma para estimativa da acurácia do mapeamento

Fonte: INPE

Com base nos resultados do processo de avaliação das parcelas amostrais, foi elaborada uma matriz de erro para cada bioma e categoria - Tabela 14.

Tabela 14 – Matriz de erro para cada bioma e categoria

Bioma	Categoria	Erro		
		Desmatamento	Vegetação natural	Total
Amazônia	Desmatamento	201	8	209
	Vegetação natural	7	378	385
	Total	208	386	594
Cerrado	Desmatamento	174	20	194
	Vegetação natural	28	347	375

	Total	202	367	569
Caatinga	Desmatamento	108	13	121
	Vegetação natural	8	436	444
	Total	116	449	565
Mata Atlântica	Desmatamento	159	50	209
	Vegetação natural	7	318	325
	Total	166	368	534
Pampa	Desmatamento	408	36	444
	Vegetação natural	9	289	298
	Total	417	325	742
Pantanal	Desmatamento	487	20	507
	Vegetação natural	4	505	509
	Total	491	525	1016

Fonte: cálculos próprios

A partir das matrizes acima, é possível calcular a acurácia do produtor (omissão) e a acurácia do usuário (inclusão), bem como os intervalos de confiança de 95% para a classificação da área desmatada. Os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 15 – Matriz de acurácia para cada bioma e categoria

Bioma	Categoria	Acurácia do usuário (%)	Incerteza da área desmatada (%)
Amazônia	Desmatamento	96,2	20,0
	Vegetação natural	98,2	
Cerrado	Desmatamento	89,7	21,6
	Vegetação natural	92,5	
Caatinga	Desmatamento	89,3	36,5
	Vegetação natural	98,2	
Mata Atlântica	Desmatamento	76,1	41,7
	Vegetação natural	97,8	
Pampa	Desmatamento	91,9	8,4
	Vegetação natural	97,0	
Pantanal	Desmatamento	96,1	9,3
	Vegetação natural	99,2	

Fonte: cálculos próprios

5.2.2. Incerteza dos fatores de emissão

Incerteza da biomassa acima do solo

Para o bioma Amazônia, os valores de incerteza para a biomassa acima do solo foram obtidos diretamente do projeto EBA²¹, com valores de incerteza associados a cada pixel no arquivo raster do EBA.

Para os demais biomas, foram utilizados os valores de incerteza associados à vegetação de cada fitofisionomia do bioma, coletados em referências bibliográficas ou estimados com base nos valores padrão do IPCC (Tabela 4.7, página 4.53, capítulo 4, volume 4 das Diretrizes do IPCC (2006))²². Os

valores padrão de incerteza foram estimados usando os limites predominantes, mínimos e máximos, assumindo uma distribuição triangular (conforme sugerido pelas Diretrizes do IPCC (2006)). A **Tabela 16** apresenta os valores utilizados da Tabela 4.7 e o intervalo de confiança de 95% associado.

Tabela 16 – Intervalo de confiança e incerteza estimada para a biomassa acima do solo nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal

Domínio	Zona ecológica	Continente	Biomassa acima do solo (t m.s. ha ⁻¹)	Incerteza (%)
Tropical	Floresta tropical úmida (TRF)	América do Norte e América do Sul	300 (120-400)	-43/+37
	Floresta tropical decidual úmida (TMDF)	América do Norte e América do Sul	220 (210-280)	-10/+14
	Floresta tropical seca (TDF)	América do Norte e América do Sul	210 (200-410)	-24/+38
	Formações arbustivas tropicais (TS)	América do Norte e América do Sul	80 (40-90)	-33/+24
	Sistemas tropicais montanos	América do Norte e América do Sul	60-230	-46/+46

Fonte: cálculos próprios com base na Tabela 4.7 das Diretrizes do IPCC (2006)

Para a estimativa das incertezas das fitofisionomias, cada fitofisionomia foi associada a uma zona ecológica da **Tabela 16**.

²¹ <http://www.ccst.inpe.br/projetos/eba-estimativa-de-biomassa-na-amazonia/>

²² Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf

Tabela 17 – Associação de cada fitofisionomia com a zona ecológica da Tabela 4.7 das Diretrizes do IPCC (2006)

Fitofisionomias	Sigla	Zona ecológica
Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	Aa	TRF
Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Ab	TRF
Floresta Ombrófila Aberta Montana	Am	TRF
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	As	TRF
Floresta Estacional Decidual Aluvial	Ca	TDF
Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	Cb	TDF
Floresta Estacional Decidual Montana	Cm	TDF
Floresta Estacional Decidual Submontana	Cs	TDF
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da	TRF
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Db	TRF
Floresta Ombrófila Densa Montana	Dm	TRF
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Ds	TRF
Estepe	E	TS
Estepe Arborizada	Ea	TDF
Contato Estepe / Formações Pioneiras	EP	TS
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Fa	TMDF

Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	Fb	TMDF
Floresta Estacional Semidecidual Montana	Fm	TMDF
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Fs	TMDF
Campinarana	L	TS
Campinarana Florestada	La	TS
Campinarana Arborizada	Ld	TMDF
Contato Campinarana / Floresta Ombrófila	LO	TMDF
Floresta Ombrófila Mista Aluvial	Ma	TRF
Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	MI	TRF
Floresta Ombrófila Mista Montana	Mm	TRF
Floresta Ombrófila Mista Submontana	Ms	TRF
Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista	NM	TRF
Contato Floresta Estacional / Formações Pioneiras - Específico para Formação Pioneira com influência marinha (Restinga)	NP	TMDF*
Contato Floresta Ombrófila Densa / Floresta Ombrófila Mista	OM	TRF
Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	ON	TRF
Contato Floresta Ombrófila / Formações Pioneiras - Específico para Formação Pioneira com Influência Marinha (Restinga)	OP	TRF*
Áreas de Formações Pioneiras	P	TMDF
Formação Pioneira com Influência Fluviomarina (manguezais)	Pf	TMDF
Formação Pioneira com Influência Marinha (restingas)	Pm	TS
Savana	S	TS
Savana Arborizada	Sa	TS
Savana Florestada	Sd	TDF

Fitofisionomias	Sigla	Zona ecológica
Contato Savana / Floresta Ombrófila Mista	SM	TS
Contato Savana / Floresta Estacional	SN	TS
Contato Savana / Floresta Ombrófila	SO	TS
Contato Savana / Savana Estépica	ST	TS
Contato Savana / Savana Estépica / Floresta Estacional	STN	TS
Contato Savana / Savana-Estépica	ST	TS
Savana Estépica	T	TS
Savana Estépica Arborizada	Ta	TS
Savana Estépica Florestada	Td	TS
Contato Savana Estépica / Floresta Estacional	TN	TS

OBS: TS para o bioma Pampa

Fonte: cálculos próprios

Incerteza dos outros reservatórios de carbono (biomassa abaixo do solo, serapilheira e madeira morta)

Atualmente, o Brasil não possui valores nacionais específicos de incerteza para os outros reservatórios de carbono: biomassa abaixo do solo, serapilheira e madeira morta. Assim sendo, foram utilizados os valores padrão do IPCC, conforme descrito a seguir.

Biomassa abaixo do solo

A Tabela 4.4 das Diretrizes do IPCC (2006) apresenta os valores padrão para a razão entre biomassa abaixo do solo e biomassa acima do solo (razão raiz/parte aérea - R). No entanto, a tabela não fornece intervalos para todas as zonas ecológicas. Considerando que a razão “0,20” é utilizada para diversas fitofisionomias, e igualmente no intuito de assegurar uma estimativa conservadora, foi assumido o valor de 38% como valor de incerteza para R nesta submissão.

Tabela 18 – Valores de incerteza para a biomassa abaixo do solo

Zona ecológica	Biomassa acima do solo R [ton. m.s. raiz / (ton. m.s. parte aérea) ⁻¹]	Incerteza (%)	
Floresta tropical úmida		0,37	
Floresta tropical decidual úmida	biomassa acima do solo <125 ton. ha ⁻¹	0,20 (0,09 - 0,25)	38
	biomassa acima do solo >125 ton. ha ⁻¹	0,24 (0,22 - 0,33)	19
Floresta tropical seca	biomassa acima do solo <20 ton. ha ⁻¹	0,56 (0,28 - 0,68)	34
	biomassa acima do solo >20 ton. ha ⁻¹	0,28 (0,27 - 0,28)	2
Formações arbustivas		0,40	
Sistemas tropicais montanos		0,27 (0,27 - 0,28)	2

Fonte: cálculos próprios com base na Tabela 4.4 das Diretrizes do IPCC (2006)

Madeira morta

A Tabela 3.2.2 do GPG-LULUCF do IPCC de 2003²³ apresenta o valor de 0,11 como a razão entre madeira morta e biomassa acima do solo para “floresta tropical”, associando um valor de 150% de incerteza. Esta estimativa de incerteza foi considerada para todos os casos em que a madeira morta foi estimada a partir da biomassa acima do solo utilizando um fator de expansão.

Serapilheira

A Tabela 3.2.1 do GPG-LULUCF do IPCC de 2003²⁴ indica o valor de 2,1 tC/ha (1-3) para serapilheira em “florestas tropicais decíduas de folhas largas”. Com base em uma distribuição triangular, foi estimado um valor de incerteza de 39% a ser usado em todas as fitofisionomias. No entanto, na maioria dos casos, o conteúdo de carbono na serapilheira é estimado a partir do conteúdo de carbono na biomassa acima do solo utilizando um fator de expansão. Dessa forma, um valor de 22% de incerteza foi associado ao fator de expansão para fins de consistência, na média, com o valor padrão fornecido no GPG-LULUCF do IPCC (2003).

Incerteza das remoções de carbono na categoria de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”

O valor de remoção anual é calculado multiplicando-se a área estimada sob cada categoria de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” por um fator de remoção (tC/ha ano ou tC/ha, a depender do uso).

A acurácia da identificação das áreas de uso da terra foi verificada utilizando a mesma metodologia descrita para o desmatamento. Os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 19 – Valores de incerteza para as remoções de carbono

Uso e cobertura da terra	Incerteza (Intervalo de confiança de 95%)
Bioma Cerrado	
Vegetação Secundária	10,8
Pastagem	2,2
Agricultura perene	30,6
Bioma Amazônia	
Vegetação Secundária	2,9
Pastagem (arbustiva)	11,0
Pastagem (herbácea)	3,4
Agricultura perene	30,6*

OBS: * Valor não disponível para o bioma Amazônia. Utilizado valor do bioma Cerrado

Fonte: cálculos próprios com base na Tabela 4.4 das Diretrizes do IPCC (2006)

Foram adotados os valores dos fatores de remoção utilizados no 4º Inventário Nacional de GEE. Para a regeneração florestal (VS), os valores utilizados são de 3,03 tC/ha/ano para o bioma Amazônia e 2,85 tC/ha/ano para o bioma Cerrado. Valores típicos de incerteza são descritos na tabela 4.9 das Diretrizes do IPCC (2006).

²³ Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest_Land.pdf

²⁴ Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest_Land.pdf

No entanto, essa tabela não apresenta intervalos para todas as zonas ecológicas. Com base nos valores da tabela, foi adotada uma incerteza de 50% para os biomas Amazônia e Cerrado.

Para as pastagens, os valores utilizados são de 10 tC/ha para o bioma Amazônia e 7,57 tC/ha para o bioma Cerrado. Para a agricultura perene, os valores utilizados são de 0,91 tC/ha/ano para o bioma Amazônia e 2,6 tC/ha/ano para o bioma Cerrado. As Tabelas 5.1 (Agricultura) e 6.4 (Pastagem) das Diretrizes do IPCC (2006) indicam valores de incerteza de 75% para os fatores de remoção em todas as zonas climáticas. Esse valor é adotado nesta submissão.

Incerteza das emissões brutas provenientes da degradação por fogo

As emissões anuais brutas provenientes da degradação por fogo são estimadas aplicando-se as equações 4 e 5 descritas acima.

A acurácia das áreas de florestas submetidas a degradação por fogo foi avaliada utilizando a mesma metodologia descrita para o desmatamento, resultando em incerteza estimada de 22% para o bioma Amazônia.

A incerteza do fator de combustão foi obtida da Tabela 2.6 das Diretrizes do IPCC (2006) para “todas as florestas primárias” (0,36, com incerteza de 71%), consistente com o valor utilizado nesta submissão (0,368).

A incerteza dos fatores de emissão para gases não-CO₂ foi obtida da Tabela 2.5 das Diretrizes do IPCC (2006) (58% para CH₄ e 53% para N₂O).

Incerteza das emissões brutas provenientes da degradação por corte seletivo desordenado

Para cada polígono em que foi identificado o corte seletivo desordenado, as emissões foram estimadas multiplicando-se a área por um fator de perda de biomassa. Recorrências de corte seletivo são possíveis para o mesmo polígono. Conforme demonstrado anteriormente, os fatores de perda de biomassa diminuem para cortes seletivos recorrentes.

A incerteza das áreas sujeitas ao corte seletivo desordenado foi estimada em 20%, com base na avaliação de especialistas.

Os fatores de perda de biomassa (0,29; 0,27; 0,26 e 0,22 para a primeira, segunda, terceira e quarta recorrências, respectivamente) foram determinados com uma incerteza de 8%, com base na avaliação de especialistas.

5.3. Completude

Para fins de REDD+, “informações completas” significa o fornecimento de dados e informações que permitam a reconstrução do FREL.

Informações adicionais destinam-se apenas a aumentar a clareza e a transparência do FREL nacional do Brasil. O Brasil ressalta o parágrafo 2 da Decisão 13/CP.19 sobre diretrizes e procedimentos para a avaliação técnica de submissões de FREL, bem como o parágrafo 4 do Anexo da mesma decisão.

Em geral, todas as informações relacionadas ao monitoramento ambiental do uso da terra estão disponíveis publicamente no **TerraBrasilis**²⁵, uma plataforma de dados geográficos desenvolvida pelo INPE e pela EMBRAPA para fins de organização, acesso e uso de todas as informações produzidas por seus programas de monitoramento ambiental, por meio de um portal web.

Os dados e as informações utilizados nesta submissão estão disponíveis em:

<http://redd.mma.gov.br/en/submissions>

5.3.1. Arquivos vetoriais (*shapefiles*) dos dados de atividade

Foram disponibilizados os seguintes arquivos vetoriais contendo os dados de atividade (polígonos de desmatamento, degradação e revegetação) e material de apoio (limites de biomas, fitofisionomias florestais e áreas manejadas):

Nome do arquivo	Conteúdo	Fonte
1. Biomes_map	Limites revisados dos biomas	(IBGE, 2019)
2. Ancient_vegetation_map	Mapa da vegetação pretérita com fitofisionomias florestais	4º Inventário Nacional de GEE
3. Amazon_Deforestation_1to6ha	Polígonos de desmatamento para o bioma Amazônia no período de 2016/2017 a 2020/2021	PRODES ²⁶

4. Amazon_Deforestation_greater_6ha	Polígonos de desmatamento para o bioma Amazônia no período de 2016/2017 a 2020/2021	PRODES ³
5. Amazon_Degradation	Polígonos de degradação para a Amazônia no período de 2016/2017 a 2020/2021	DETER ²⁷
6. 2014_Amazon_secondary_vegetation	Mapa da vegetação secundária em 2014 no bioma Amazônia	TerraClass ²⁸
7. 2020_Amazon_secondary_vegetation	Mapa da vegetação secundária em 2020 no bioma Amazônia	
8. 2018_Cerrado_secondary_vegetation	Mapa da vegetação secundária em 2018 no bioma Cerrado	

²⁵ Informações adicionais estão disponíveis em: <http://www.ibama.gov.br/sinaflor> (Acessado em 9 de novembro de 2022)

²⁶ <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

²⁷ <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>

²⁸ <https://www.terraclass.gov.br>

Nome do arquivo	Conteúdo	Fonte
9. 2020_Cerrado_secondary_vegetation	Mapa da vegetação secundária em 2020 no bioma Cerrado	
10. Cerrado_Deforestation	Polígonos de desmatamento para o bioma Cerrado no período de 2016/2017 a 2020/2021	
11. Atlantic_Forest_Deforestation	Polígonos de desmatamento para o bioma Mata Atlântica no período de 2016/2017 a 2020/2021	
12. Caatinga_Deforestation	Polígonos de desmatamento para o bioma Caatinga no período de 2016/2017 a 2020/2021	
13. Pampa_Deforestation	Polígonos de desmatamento para o bioma Pampa no período de 2016/2017 a 2020/2021	
14. Pantanal_Deforestation	Polígonos de desmatamento para o bioma Pantanal no período de 2016/2017 a 2020/2021	
15. Managed_land_Amazon	Mapa de todas as “áreas manejadas” da Amazônia	4º Inventário Nacional de GEE
16. Managed_land_Cerrado	Mapa de todas as “áreas manejadas” do Cerrado	4º Inventário Nacional de GEE
17. Managed_land_Caatinga	Mapa de todas as “áreas manejadas” da Caatinga	4º Inventário Nacional de GEE
18. Managed_land_atlantic_forest	Mapa de todas as “áreas manejadas” da Mata Atlântica	4º Inventário Nacional de GEE
19. Managed_land_Pampa	Mapa de todas as “áreas manejadas” do Pampa	4º Inventário Nacional de GEE
20. Managed_land_Pantanal	Mapa de todas as “áreas manejadas” do Pantanal	4º Inventário Nacional de GEE
21. Scenes_in_Biome	Mapa baseado em grades de cenas de satélite Landsat cruzadas com biomas	FUNCATE

5.3.2. Geotiff (raster) dos dados de atividade

Os arquivos raster a seguir, contendo material de apoio (estoques de carbono por reservatório para o bioma Amazônia), estão disponíveis em: <http://redd.mma.gov.br/en/submissions>.

Nome do arquivo	Conteúdo	Fonte
1. EBA_AB	Estoques de carbono acima do solo para o bioma Amazônia	
2. EBA_BB	Estoques de carbono abaixo do solo para o bioma Amazônia	
3. EBA_DW	Estoques de carbono em madeira morta para o bioma Amazônia	EBA ²⁹
4. EBA_LI	Estoques de carbono em serapilheira para o bioma Amazônia	
5. EBA_uncertainty	Valores de incerteza dos estoques de carbono para o bioma Amazônia	

5.3.3. *Shapefiles* para cálculos

²⁹ <http://www.ccst.inpe.br/projetos/eba-estimativa-de-biomassa-na-amazonia/>

Estão disponibilizados os seguintes arquivos vetoriais contendo os dados utilizados nas planilhas de cálculos:

Nome do arquivo	Conteúdo
1. Data4Emissions_Amazon_deforestation_1to6ha	Áreas de desmatamento estimadas entre 1 hectare e 6,25 hectares no bioma Amazônia, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
2. Data4Emissions_Amazon_deforestation_greater6ha	Áreas de desmatamento estimadas em mais de 6,25 hectares no bioma Amazônia, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
3. Data4Emissions_Amazon_SV	Áreas de vegetação secundária no bioma Amazônia para os anos de 2014 e 2020
4. Data4Emissions_Amazon_degradation	Áreas de degradação relacionadas a fogo e corte seletivo desordenado no bioma Amazônia, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
5. Data4Emissions_Cerrado_deforestation	Áreas de desmatamento no bioma Cerrado, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
6. Data4Emissions_Cerrado_SV	Áreas de vegetação secundária no bioma Cerrado para os anos de 2018 e 2020
7. Data4Emissions_Atlantic_forest_deforestation	Áreas de desmatamento no bioma Mata Atlântica, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
8. Data4Emissions_Caatinga_deforestation	Áreas de desmatamento no bioma Caatinga, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados

9. Data4Emissions_Pampa_deforestation	Áreas de desmatamento no bioma Pampa, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados
10. Data4Emissions_Pantanal_deforestation	Áreas de desmatamento no bioma Pantanal, para o período de 2016/2017 a 2020/2021, e as fitofisionomias florestais e estoques de carbono relacionados

5.3.4. Planilha de cálculo

As seguintes planilhas de cálculos estão disponíveis:

1	Nome do arquivo	Conteúdo
1.	Amazon_Emissions_Output_Deforestation_1to6	Emissões por desmatamento no bioma Amazônia a partir de polígonos de 1 hectare a 6,25 hectares para o período de 2016/2017 a 2020/2021
2.	Amazon_Emissions_Output_Deforestation_greater6ha	Emissões por desmatamento no bioma Amazônia a partir de polígonos maiores que 6,25 hectares para o período de 2016/2017 a 2020/2021
3.	Amazon_Emissions_Output_Degradation	Emissões provenientes de degradação florestal por fogo e corte seletivo desordenado no bioma Amazônia para o período de 2016/2017 a 2020/2021
4.	4and5_Amazon_Net_Emissions_modified	Remoções por uso da terra pós-desmatamento e Emissões Líquidas por desmatamento no bioma Amazônia para o período de 2016/2017 a 2020/2021
5.	Cerrado_Net_Emissions_modified	Remoções por uso da terra pós-desmatamento e Emissões Líquidas por desmatamento no bioma Cerrado para o período de 2016/2017 a 2020/2021
6.	Atlantic_forest_Gross_Emissions_Deforestation	Emissões brutas por desmatamento no bioma Mata Atlântica para o período de 2016/2017 a 2020/2021
7.	Caatinga_Gross_Emissions_Deforestation	Emissões brutas por desmatamento no bioma Caatinga para o período de 2016/2017 a 2020/2021
8.	Pampa_Gross_Emissions_Deforestation	Emissões brutas por desmatamento no bioma Pampa para o período de 2016/2017 a 2020/2021
9.	Pantanal_Gross_Emissions_Deforestation	Emissões brutas por desmatamento no bioma Pantanal para o período de 2016/2017 a 2020/2021
10.	National_FREL_modified	FREL nacional do Brasil para o período de 2016/2017 a 2020/2021

5.4. Consistência

5.4.1. Consistência com o mais recente Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa

O parágrafo 8 da Decisão 12/CP.17 indica que os níveis de referência devem manter a consistência com o mais recente Inventário Nacional de GEE do país. O 4º Inventário Nacional de GEE foi submetido pelo Brasil à UNFCCC em dezembro de 2020 e reporta as emissões líquidas de GEE para o setor LULUCF para o período de 1990 a 2016 (Brasil, 2020). As estimativas das emissões e remoções de CO₂ por mudanças no uso e cobertura da terra e Produtos Florestais Madeireiros explorados, bem como as emissões de gases não-CO₂, utilizaram as Diretrizes do IPCC (2006) como base para as abordagens e metodologias adotadas.

O Brasil aplicou a definição de consistência do IPCC (IPCC, 2006) e na elaboração deste FREL nacional utilizou metodologias e conjuntos de dados consistentes com aqueles aplicados para estimar as emissões de CO₂ e gases não-CO₂ oriundas da conversão de áreas de floresta (manejadas e não manejadas) para outras categorias de uso da terra no 4º Inventário Nacional de GEE.

Cabe ressaltar, entretanto, que há diferenças entre as estimativas fornecidas no 4º Inventário Nacional de GEE e nesta submissão do FREL, devido à disponibilidade de dados e informações mais atualizados e precisos no momento da elaboração do FREL, em especial:

1. Alteração nos limites geográficos dos biomas; e
2. Utilização de área mínima de mapeamento (MMU) de 1 hectare para a identificação de polígonos de desmatamento no bioma Amazônia.

É necessário também destacar que, para o mais recente Relatório de Atualização Bienal (BUR4³⁰), os dados de atividade utilizados (descritos no Box 4, página 106 do BUR4) não são os mesmos em comparação aos dados de atividade utilizados nesta submissão. O inventário nacional de GEE apresentado no BUR foi baseado em mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1994, 2002, 2005 (incluindo apenas o bioma Amazônia), 2010 e 2016, ao passo que a submissão do FREL foi construída considerando mapas anuais de desmatamento e degradação. O Brasil planeja considerar as melhorias incluídas no FREL ao desenvolver o próximo Inventário Nacional de GEE, a fim de aprimorar a consistência.

5.4.1.1. Alterações nos limites geográficos dos biomas

O IBGE (2019) atualizou os limites geográficos dos biomas nacionais, os quais não estavam disponíveis à época da elaboração do 4º Inventário Nacional de GEE. Sendo assim, o Inventário utilizou os limites definidos no mapa do IBGE de 2004, que apresentam algumas diferenças em comparação aos novos limites estabelecidos no mapa do IBGE de 2019, conforme indicado na **Tabela 20**.

Tabela 20 – Comparação entre as áreas geográficas definidas pelo IBGE (2019) e IBGE (2004), e a correspondente cobertura percentual dos biomas no território brasileiro

Bioma	Área do IBGE (2019) (ha)	Contribuição para a área nacional (%)	Área do IBGE (2004) / 4º Inventário Nacional de GEE (ha)	Contribuição para a área nacional (%)
Amazônia	421.274.200	49,5	420.877.900	49,4
Cerrado	198.301.700	23,3	203.582.600	23,9
Caatinga	86.281.800	10,1	82.784.500	9,7
Mata Atlântica	110.741.900	13,0	111.557.200	13,1

³⁰Disponível em: <https://unfccc.int/documents/267661>

Bioma	Área do IBGE (2019) (ha)	Contribuição para a área nacional (%)	Área do IBGE (2004) / 4º Inventário Nacional de GEE (ha)	Contribuição para a área nacional (%)
Pampa	19.381.800	2,3	17.882.600	2,1
Pantanal	15.098.800	1,8	15.130.300	1,8
Total	851.080.200	100	851.815.000	100

OBS: note-se que a diferença na área geográfica do Brasil do IBGE (2004) (851.815.000 ha) para o IBGE (2019) (851.080.200 ha) resulta da eliminação de áreas que passaram a ser consideradas partes do denominado Sistema Costeiro Marinho.

Fonte: IBGE, 2019 e Brasil, 2020

As Tabelas 21 a 26 fornecem a implicação da mudança no limite de cada bioma sobre as estimativas das emissões brutas de GEE por desmatamento para Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, respectivamente. Para a Amazônia, as alterações na área desmatada e nas emissões resultantes não são significativas.

Tabela 21 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto, UMM de 6,25 ha, com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Amazônia

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2004
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	665.821,49	295.787.546,69	672.853,72	297.211.456,19	1,06%	0,48%
2017-2018	696.589,84	317.127.695,68	692.431,08	301.865.997,55	-0,60%	-4,81%
2018-2019	1.064.179,34	476.284.434,39	1.067.613,09	474.543.048,25	0,32%	-0,37%
2019-2020	1.038.806,82	461.063.907,52	1.031.985,74	443.258.448,53	-0,66%	-3,86%
2020-2021	1.212.868,69	556.489.285,94	1.215.904,49	546.613.958,95	0,25%	-1,77%

Fonte: estimativas próprias

Tabela 22 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Cerrado

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2004
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	600.141,45	108.508.958,58	569.967,98	103.183.642,91	-5,03%	-4,91%

2017-2018	536.438,13	97.433.138,48	550.809,22	101.775.493,28	2,68%	4,46%
2018-2019	531.278,93	95.623.692,67	494.315,49	88.886.236,32	-6,96%	-7,05%
2019-2020	602.798,37	106.842.798,79	603.072,06	108.662.302,47	0,05%	1,70%
2020-2021	648.277,57	115.451.945,66	632.946,89	114.670.094,80	-2,36%	-0,68%

Fonte: estimativas próprias

Tabela 23 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Caatinga

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2014
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	188.728,60	22.910.435,87	213.662,91	28.318.171,77	13,21%	23,60%
2017-2018	214.048,22	28.240.728,05	206.501,48	25.191.250,31	-3,53%	-10,80%
2018-2019	147.212,90	17.152.017,82	176.297,51	23.870.541,00	19,76%	39,17%
2019-2020	201.102,29	27.639.350,08	209.054,43	28.416.932,63	3,95%	2,81%
2020-2021	183.418,70	22.497.567,21	198.817,41	25.414.848,62	8,40%	12,97%

Fonte: estimativas próprias

Observa-se que a área do bioma Caatinga aumentou entre o mapeamento do IBGE de 2004 (82.784.500 ha) e de 2019 (86.281.800 ha). As áreas de desmatamento na Caatinga são apresentadas na **Figura 16**: em vermelho, as áreas de desmatamento “perdidas” para o bioma Cerrado devido aos novos limites e, em verde, as áreas de desmatamento herdadas do bioma Cerrado. Quantitativamente, a área perdida totaliza 77.978,21 ha e a área “ganha” é de 136.942,27 ha – uma diferença de 58.964,06 ha.

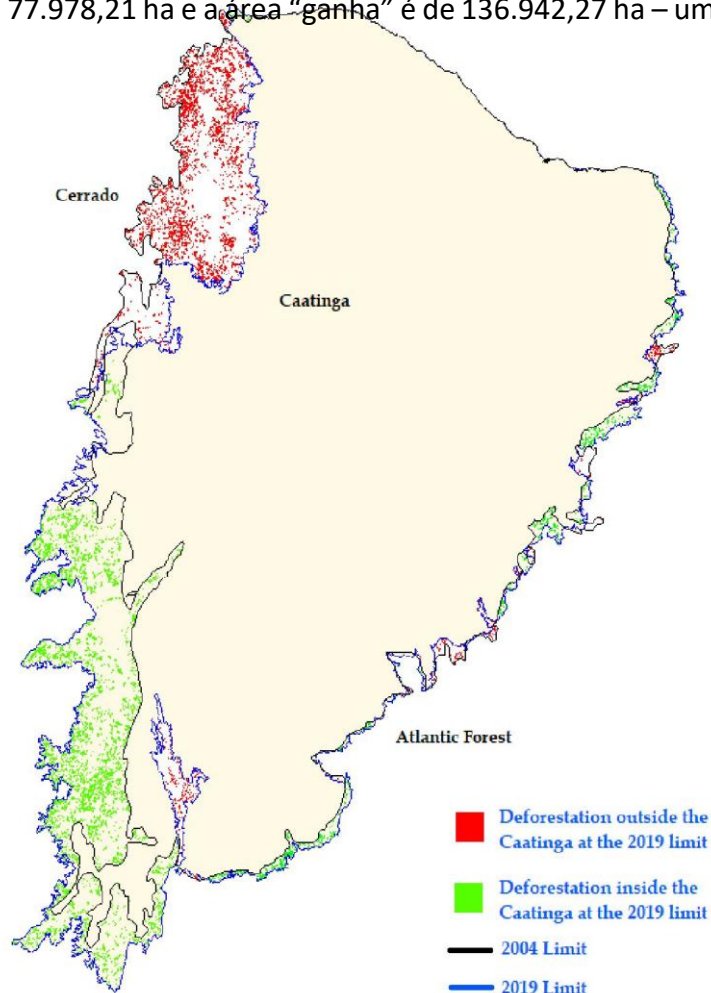


Figura 16 – Áreas desmatadas na Caatinga “perdidas” para o bioma Cerrado (em vermelho) e as áreas de desmatamento herdadas do Cerrado (em verde) devido aos novos limites

Fonte: cálculos próprios

Tabela 24 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para a Mata Atlântica

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2004
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	90.314,95	36.776.886,09	85.870,10	36.434.019,13	-4,92%	-0,93%
2017-2018	118.244,12	44.592.425,10	117.209,42	45.100.212,60	-0,88%	1,14%
2018-2019	90.449,21	39.189.284,79	89.850,38	39.463.223,90	-0,66%	0,70%
2019-2020	63.404,89	23.410.615,21	62.142,54	23.544.177,11	-1,99%	0,57%
2020-2021	73.255,71	29.285.094,32	68.964,58	28.761.217,90	-5,86%	-1,79%

Fonte: estimativas próprias

Os limites da Mata Atlântica foram reduzidos entre o mapeamento do IBGE de 2004 (122.557.200 ha) e de 2019 (110.741.900 ha), mas essa mudança teve um impacto muito reduzido nas emissões médias anuais, que variaram de -1,79% a 1,14% durante o período de referência.

Tabela 25 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Pampa

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2004
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	35.425,69	3.709.137,07	35.948,28	3.629.784,82	1,48%	-2,14%
2017-2018	34.691,03	3.999.802,73	34.986,84	3.798.003,85	0,85%	-5,05%
2018-2019	38.132,31	3.583.817,00	39.058,02	3.574.669,24	2,43%	-0,26%
2019-2020	32.598,77	3.521.888,02	33.197,97	3.460.472,47	1,84%	-1,74%
2020-2021	55.738,82	5.892.710,46	56.665,90	5.850.601,61	1,66%	-0,71%

Fonte: estimativas próprias

Os limites do Pampa foram reduzidos entre os mapeamentos do IBGE de 2004 (17.882.600 ha) e de 2019 (19.381.800 ha), mas essa mudança teve um impacto muito reduzido, porém consistente nas emissões médias anuais, que variaram de -5,05% a -0,26% durante o período de referência.

Tabela 26 – Emissões de CO₂ por desmatamento bruto com base nos limites de bioma anterior (IBGE, 2004) e atual (IBGE, 2019) para o Pantanal

Período	Limite de 2004		Limite de 2019		Variação da área 2019/2004	Variação das emissões 2019/2004
	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)	Área desmatada (ha)	Emissão bruta (tCO ₂ /ha)		
2016-2017	32.036,69	6.979.761,01	34.286,50	7.296.713,06	7,02%	4,54%
2017-2018	25.882,18	5.608.315,32	23.976,11	5.101.430,68	-7,36%	-9,04%
2018-2019	17.489,73	3.906.089,98	21.684,31	4.684.070,20	23,98%	19,92%
2019-2020	25.173,13	5.937.112,64	24.558,11	5.655.515,57	-2,44%	-4,74%
2020-2021	27.462,26	7.600.592,87	27.760,72	7.446.456,25	1,09%	-2,03%

Fonte: estimativas próprias

Os limites do Pantanal foram ligeiramente reduzidos entre o mapeamento do IBGE de 2004 (15.130.300 ha) e de 2019 (15.098.800 ha), mas a variação nas emissões foi a segunda maior depois do bioma Caatinga. A mudança nas emissões variou de -9,04% a 19,92% durante o período de referência.

É importante destacar que nenhuma das mudanças observadas implica subestimação ou superestimação do FREL, pois não há sobreposição entre as áreas geográficas dos biomas nem lacunas na cobertura geográfica do Brasil, e todas as emissões são estimadas. Trata-se meramente de uma questão de alocação dentro dos biomas. Ainda assim, a mudança nos limites dos biomas resultou na seleção de diferentes fatores de emissão (EF) por fitofisionomia e, conseqüentemente, em impactos distintos nas emissões. Por exemplo, a área desmatada no bioma Pantanal em 2020-2021 aumentou 1%; no entanto, as emissões diminuíram 2%.

5.4.1.2. Implicações do uso da UMM de 1 ha na estimativa da área desmatada no bioma Amazônia

A diferença mais significativa entre as estimativas de desmatamento bruto nesta submissão do FREL nacional do Brasil e as do 4º Inventário Nacional de GEE refere-se ao uso de UMM de 1 ha para o bioma Amazônia, em vez da UMM de 6,25 ha utilizada no 4º Inventário Nacional de GEE. O programa PRODES, conduzido pelo INPE e que fornece as estimativas anuais oficiais de desmatamento bruto para a Amazônia Legal, utiliza UMM de 6,25 ha para garantir a consistência na série temporal desde 1988. À época, as estimativas foram obtidas a partir da análise dos polígonos de desmatamento copiados da imagem de satélite para folhas de sobreposição transparentes, e a UMM de 6,25 ha correspondia a 1 mm² no papel. A fim de garantir a consistência ao longo de toda a série temporal anual desde 1988, o INPE continua a utilizar a UMM de 6,25 ha.

O uso de UMM de 1 ha atende a uma das áreas para aprimoramentos futuros identificadas durante avaliações técnicas anteriores³¹. O impacto da inclusão de áreas desmatadas entre 1 ha e 6,25 ha resulta em um aumento médio de 11,3% na área total desmatada e um aumento médio de 11,2% nas emissões de CO₂ no período de 2016/2017 a 2020/2021 (figuras abaixo).

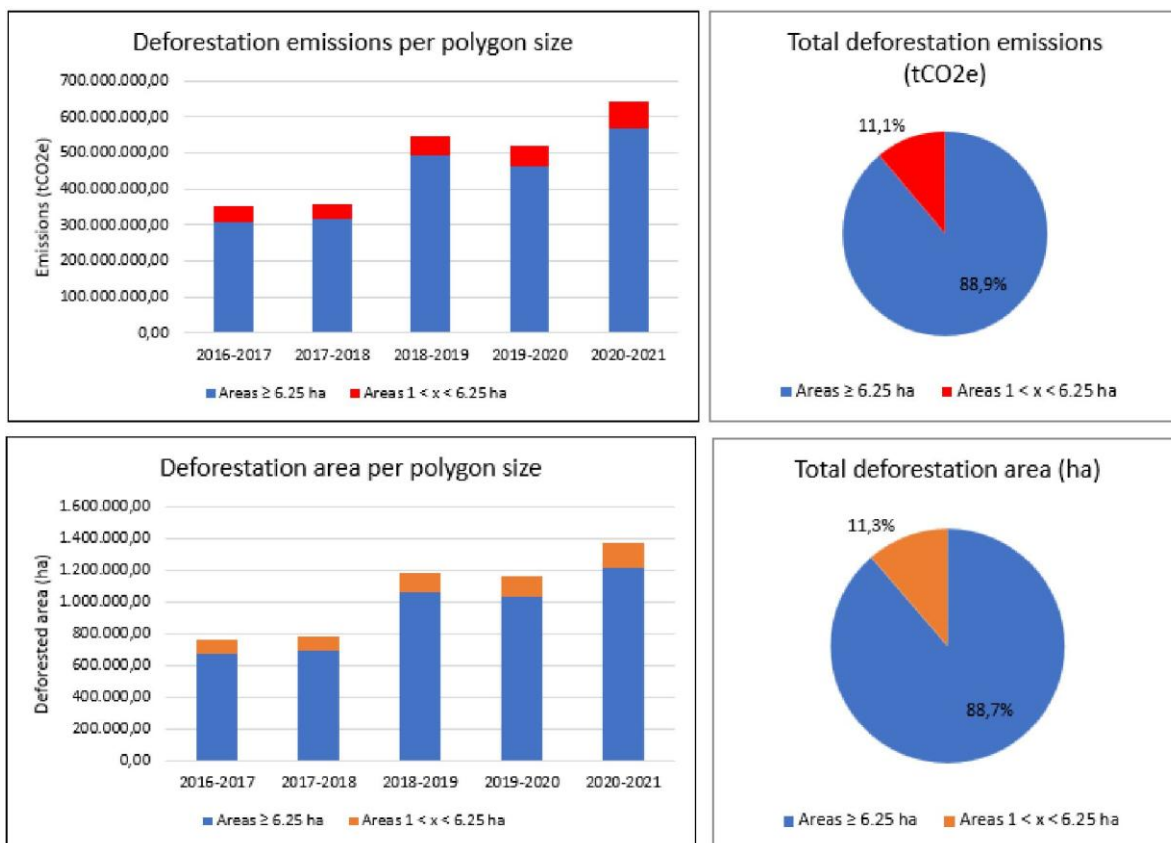


Figura 17 – Impacto da inclusão de áreas desmatadas entre 1 ha e 6,25 ha nas estimativas das áreas desmatadas e emissões de GEE

Fonte: cálculos próprios

5.4.2. Consistência com outras informações florestais relatadas internacionalmente pelo Brasil

Embora não haja a exigência no âmbito de REDD+ da UNFCCC de que o Brasil assegure a consistência com informações florestais relatadas a outros órgãos internacionais, o Brasil planeja garantir essa consistência em submissões futuras, em especial entre o inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de GEE para o Acordo de Paris, futuras submissões de REDD+ e informações reportadas às Avaliações Globais de Recursos Florestais (FRA – consultar **Box 9**).

³¹ Parágrafo 20 do Relatório da avaliação técnica do nível de emissões de referência florestal do Brasil, submetido em 2018 (FCCC/TAR/2018/ BRA). Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tar2018_BRA.pdf

O Brasil planeja avaliar o uso, em todas as submissões, de dados de estoques de biomassa e carbono derivados do **Inventário Florestal Nacional (IFN)**³². Atualmente, o IFN vem sendo desenvolvido em nível subnacional. As seguintes Unidades Federativas concluíram e validaram os resultados (53% dos dados foram coletados, mas ainda não totalmente validados):

- Ceará
- Distrito Federal
- Espírito Santo
- Paraíba

- Paraná
- Rio de Janeiro
- Rio Grande do Norte
- Rondônia
- Rio Grande do Sul
- Santa Catarina
- Sergipe

Os resultados são regularmente atualizados no site do IFN³³ e na plataforma das Avaliações Globais de Recursos Florestais (FRA)³⁴.

Box 9 – Participação do Brasil nas Avaliações Globais de Recursos Florestais (FRA)

As Avaliações de Recursos Florestais (FRA) são relatórios elaborados pelos países com base em análises de dados realizadas aproximadamente a cada dois anos antes de um ano de referência. Os países devem realizar projeções para o ano de referência com base nos dados disponíveis até a data de elaboração do relatório.

Em 2018, o Inventário Florestal Nacional (IFN) do Brasil havia coletado dados em aproximadamente 53% do território nacional. Os dados foram coletados em todos os biomas, com exceção do bioma Pantanal.

Embora o primeiro ciclo de coleta do IFN não tenha sido concluído, o Brasil optou por utilizar os dados do IFN para a comunicação do FRA 2020. Os dados utilizados para as estimativas de biomassa e estoques de carbono foram obtidos do IFN Brasil, coletados e disponíveis até dezembro de 2018. Essa foi a primeira vez em que os estoques de carbono do FRA foram calculados utilizando dados do IFN.

No IFN, as informações sobre os estoques de carbono são apresentadas por tipologia florestal, conforme o mapa da vegetação brasileira do IBGE e considerando os limites dos seis biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal).

Informações adicionais sobre o IFN podem ser encontradas em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/ifn-inventario-florestal-nacional>

³³ As informações mais recentes sobre o IFN estão disponíveis em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/inventario-florestal-nacional-ifn/ifn-dados-abertos>

³⁴ As informações apresentadas pelo Brasil ao FRA estão disponíveis em: <https://fra-data.fao.org/BRA/fra2020/home/>

Para a extensão florestal, foram também utilizados os dados do mapa da vegetação brasileira do IBGE, que fornece informações sobre a cobertura vegetal original em todo o país, conforme as categorias nacionais de classificação da vegetação.

O IFN é baseado em um desenho amostral sistemático, com conglomerados de quatro subunidades de 20 m x 50 m cada, distribuídas em uma grade nacional de 20 km x 20 km. Foram processados os dados de árvores vivas com DAP superior a 10 cm a fim de calcular os estoques de carbono médio (t/ha) para cada bioma e para cada tipo de floresta dentro de cada bioma, utilizando equações alométricas disponíveis e publicadas, ajustadas para os tipos florestais. Para os tipos de vegetação com baixo número de conglomerados no bioma, foram utilizadas as amostras totais daquele tipo florestal específico em todos os biomas. O estoque de carbono foi estimado utilizando o fator padrão do IPCC de 0,49, aplicado aos valores de biomassa. Para recuperar os dados de campo por tipo florestal, o IFN

utilizou o mesmo mapa de vegetação utilizado para estimar a extensão florestal; para estimar o estoque total de carbono na biomassa para cada tipo florestal, os valores foram multiplicados por sua área correspondente indicada pelo mapa. Embora o IFN possua informações coletadas sobre reservatórios no solo e serapilheira, esses dados não foram utilizados pois não haviam sido devidamente analisados até dezembro de 2018.

Somente para o bioma Pantanal, onde não houve coleta de dados pelo IFN, foram utilizados os mesmos dados da submissão do FRA de 2015 (dados baseados em referências bibliográficas).

Há consistência metodológica entre o inventário nacional de GEE e o FRA do Brasil. O mapa de vegetação utilizado é o mesmo, assim como a definição de floresta; ambos coincidem com os usados pelo Serviço Florestal Brasileiro. No entanto, há uma defasagem temporal entre as datas de elaboração e os anos de referência desses relatórios, o que causa certo atraso na harmonização dessas atividades. Normalmente, os FRAs são preparados com antecedência e o inventário nacional de GEE é elaborado após o ano de referência.

Ressalta-se que o IFN ainda está em desenvolvimento e seus resultados preliminares para estoques de carbono precisam ser objeto de avaliação mais aprofundada, a fim de melhor compreender as diferenças em relação aos valores atualmente utilizados no inventário nacional de GEE.

A utilização de dados (biomassa e estoques de carbono) obtidos a partir do IFN poderia potencialmente resultar em estimativas mais acuradas das emissões de GEE, mas espera-se que isso resulte em diferenças quando comparado com as estimativas atuais. Para ilustrar o impacto da utilização de valores de biomassa e estoques de carbono obtidos a partir do IFN, foi realizada uma análise preliminar utilizando os valores do IFN atualmente disponíveis para as fitofisionomias selecionadas nos biomas Pampa e Mata Atlântica. Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir.

No momento, não é possível confirmar as diferenças apresentadas nas tabelas mencionadas. Assim que os dados do IFN forem concluídos e validados, o Brasil planeja avaliar mais detalhadamente essas diferenças e os motivos para tais discrepâncias.

Tabela 27 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar os estoques totais de carbono e emissões de CO₂ relacionadas em Floresta Estacional Decidual no bioma Pampa, e as diferenças percentuais

Período	Emissões brutas por desmatamento (t CO ₂)		Diferença
	FREL	IFN/FRA	
2016-2017	577.399	397.224	-31,20%
2017-2018	490.971	346.827	-29,36%
2018-2019	618.398	413.814	-33,08%
2019-2020	1.025.863	665.818	-35,10%
2020-2021	1.220.998	841.923	-31,05%

Fonte: estimativas próprias

Tabela 28 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados

do IFN para estimar os estoques totais de carbono e as emissões de CO₂ relacionadas em Floresta Estacional Semidecidual no bioma Pampa, e as diferenças percentuais

Período	Emissões brutas por desmatamento (t CO ₂)		Diferença
	FREL	IFN/FRA	
2016-2017	861.105	508.955	-40,90%
2017-2018	1.076.098	640.186	-40,51%
2018-2019	833.665	493.778	-40,77%
2019-2020	546.397	322.216	-41,03%
2020-2021	1.834.345	1.092.614	-40,44%

Fonte: estimativas próprias

Tabela 29 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar os estoques totais de carbono e as emissões de CO₂ relacionadas em Floresta Estacional Decidual no bioma Mata Atlântica, e as diferenças percentuais

Período	Emissões brutas por desmatamento (t CO ₂)		Diferença
	FREL	IFN/FRA	
2016-2017	2.920.464	1.956.509	-33,01%
2017-2018	6.648.687	4.802.191	-27,77%
2018-2019	3.002.620	1.990.977	-33,69%
2019-2020	2.869.147	2.055.625	-28,35%
2020-2021	2.815.634	1.872.648	-33,49%

Fonte: estimativas próprias

Tabela 30 – Emissões brutas por desmatamento estimadas neste FREL nacional e com uso de dados do IFN para estimar os estoques totais de carbono e as emissões de CO₂ relacionadas em Floresta Estacional Semidecidual no bioma Mata Atlântica, e as diferenças percentuais

Período	Emissões brutas por desmatamento (t CO ₂)		Diferença
	FREL	IFN/FRA	
2016-2017	7.418.204	5.195.614	-29,96%
2017-2018	13.450.046	9.783.804	-27,26%
2018-2019	11.958.518	8.392.139	-29,82%
2019-2020	6.664.709	4.878.819	-26,80%
2020-2021	9.138.749	6.440.005	-29,53%

Fonte: estimativas próprias

6. Resultados

O FREL nacional do Brasil é a soma das emissões de GEE estimadas para cada um dos seis biomas brasileiros. As seções a seguir apresentam os resultados das emissões de GEE para cada um dos biomas brasileiros, estimadas de acordo com a metodologia e as informações descritas anteriormente.

6.1. Bioma Amazônia

6.1.1. Emissões líquidas por desmatamento e degradação

A tabela a seguir apresenta a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento e à degradação florestal no bioma Amazônia.

Tabela 31 – Remoções de CO₂ e emissões de GEE associadas ao desmatamento bruto e à degradação no bioma Amazônia

Período	Remoções por uso da terra pós-desmatamento (t CO ₂ /ano ⁻¹)	Emissões por desmatamento (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)	Emissões provenientes de degradação por fogo em terras manejadas (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)	Emissões provenientes de degradação por corte seletivo desordenado (t CO ₂ /ano ⁻¹)
2016-2017	-14.794.576	351.761.332	42.106.962	7.160.053
2017-2018	-15.219.016	358.570.690	12.392.615	4.991.741
2018-2019	-22.754.258	546.556.362	16.644.245	17.376.069
2019-2020	-22.368.985	521.394.985	45.787.916	20.682.306
2020-2021	-26.534.987	645.425.486	9.144.334	29.253.071

OBS: As diferenças em relação aos resultados apresentados em anexos técnicos de REDD+ anteriores devem-se às alterações realizadas nesta submissão (elencadas na seção 3.5.1), incluindo respostas a recomendações feitas em avaliações técnicas anteriores (apresentadas e explicadas na seção 8.9)– especialmente em função do uso de valores atualizados dos fatores de emissão oriundos do projeto EBA, alterações nos limites dos biomas e a inclusão de áreas de desmatamento menores que 6,25 hectares.

Fonte: cálculos próprios

Tabela 32 - Emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento e à degradação no bioma Amazônia

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Emissões brutas de GEE (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)	Emissões líquidas de GEE (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)
2016-2017	767.091	401.028.346	386.233.770
2017-2018	789.489	375.955.047	360.736.031
2018-2019	1.180.965	580.576.676	557.822.418
2019-2020	1.161.545	587.865.207	565.496.223
2020-2021	1.378.554	683.822.891	657.287.904
Média			505.515.269

Fonte: cálculos próprios

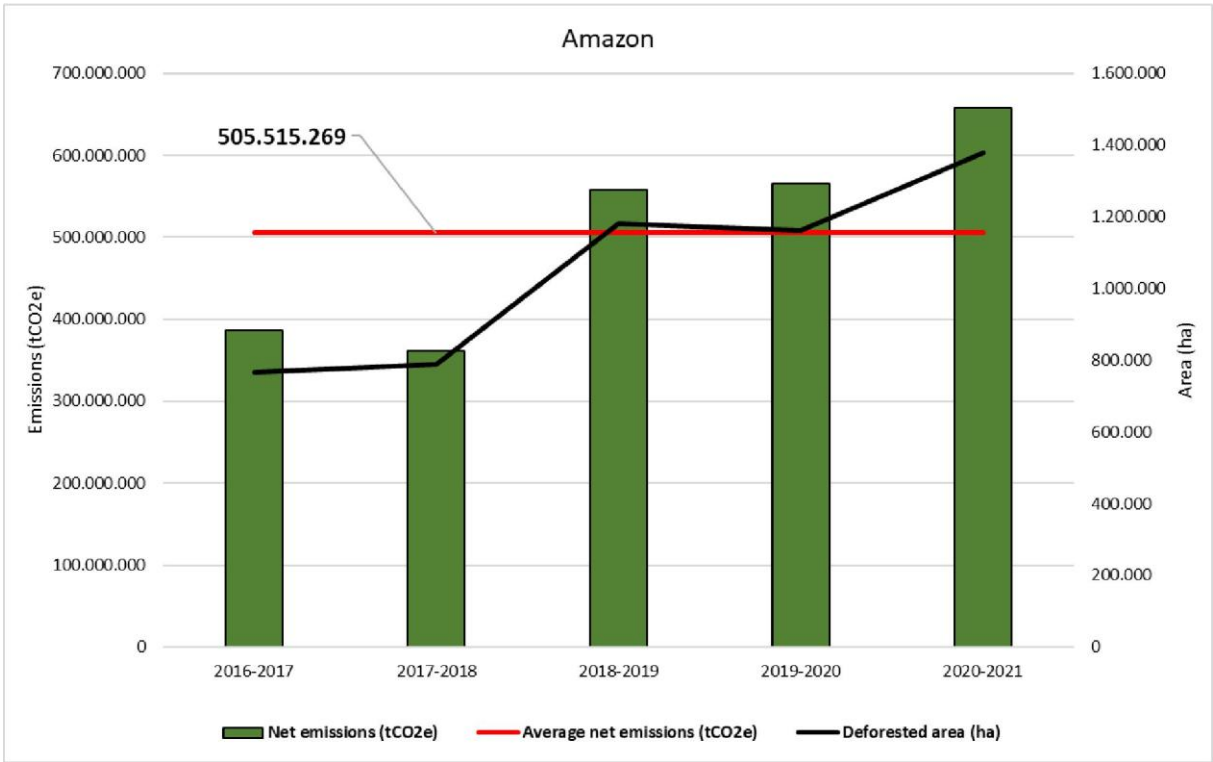


Figura 18 – Emissões líquidas de GEE por desmatamento no bioma Amazônia (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir apresenta a distribuição da cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Amazônia.

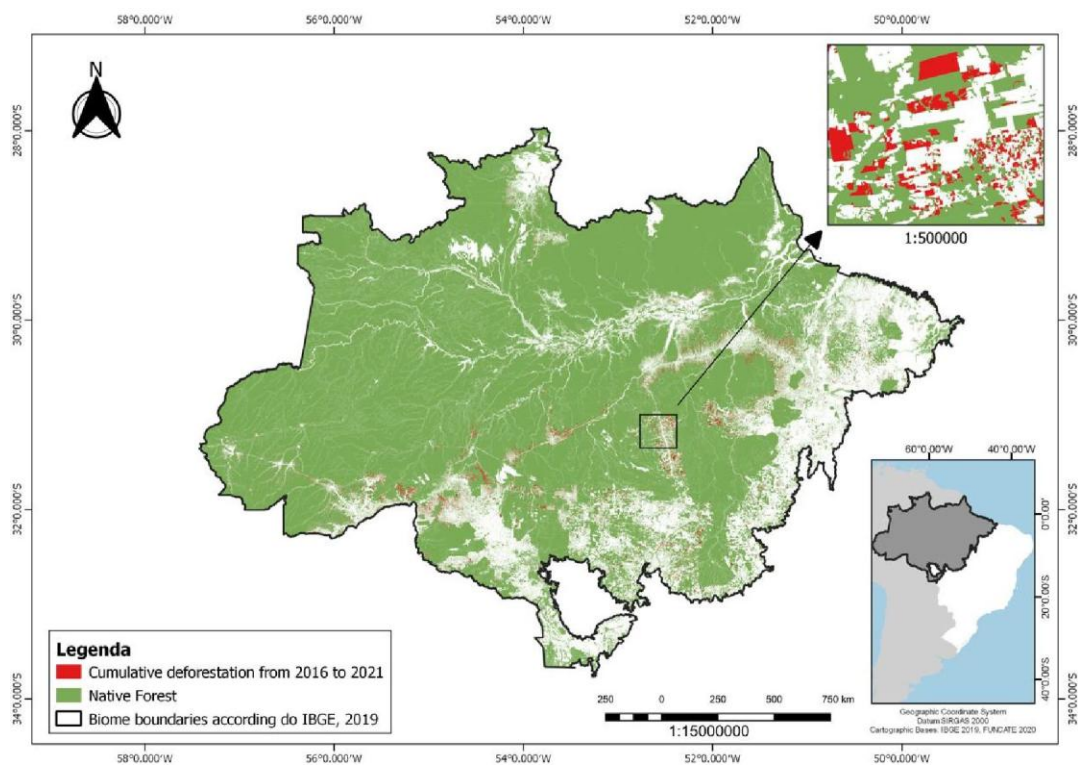


Figura 19 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no (2016/2017 - 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.1.2. Remoções e emissões por aumento dos estoques de carbono florestal

O AECF líquido por regeneração da vegetação secundária na Amazônia, para o período de referência de 2014 a 2020, foi estimado em $-59.395.580 \text{ tCO}_2.\text{ano}^{-1}$.

Tabela 33: Remoções e emissões por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020

Ano	Remoções - ganho de VS (tCO_2)	Emissões - perda de VS (tCO_2)
2014	-178.115.232	116.840.838
2015	-177.692.504	79.498.166
2016	-177.269.776	94.720.196
2017	-176.847.049	109.942.226
2018	-176.424.321	125.164.255
2019	-176.001.594	140.386.285
2020	-175.578.866	155.608.315
Média	-176.847.049	117.451.469

6.2. Bioma Cerrado

A tabela e a figura a seguir apresentam a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento e à degradação florestal no bioma Cerrado.

Tabela 34 – Área anual desmatada e as respectivas emissões líquidas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Cerrado

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Remoções por uso da terra pós-desmatamento (t CO ₂ /ano ⁻¹)	Emissões por desmatamento (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)	Emissões líquidas (t CO ₂ eq/ano ⁻¹)
2016-2017	569.968	-9.513.627	106.175.202	96.661.575
2017-2018	550.809	-9.129.247	104.768.029	95.638.782
2018-2019	494.315	-8.134.940	91.442.096	83.307.156
2019-2020	603.072	-9.854.024	111.753.842	101.899.818
2020-2021	632.947	-10.267.947	118.004.276	107.736.329
Média				97.048.732

OBS: As diferenças em relação aos resultados apresentados em anexos técnicos de REDD+ anteriores devem-se às alterações realizadas nesta submissão (elencadas na seção 3.5.1), incluindo respostas às recomendações feitas em avaliações técnicas anteriores (apresentadas e explicadas na seção 8.9) – especialmente em função do uso de valores atualizados de fator de emissão do projeto EBA e alterações nos limites dos biomas.

Fonte: cálculos próprios

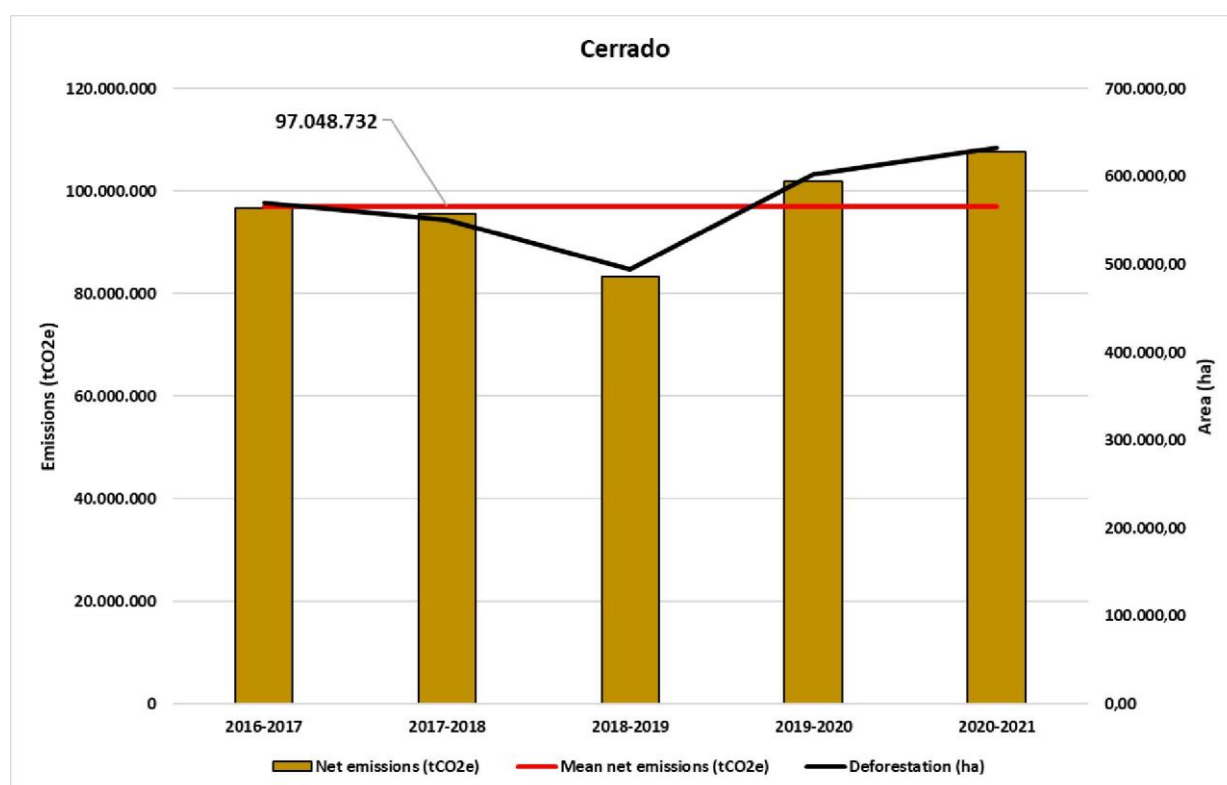


Figura 20 – Emissões líquidas de GEE por desmatamento no bioma Cerrado (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir mostra a cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Cerrado.

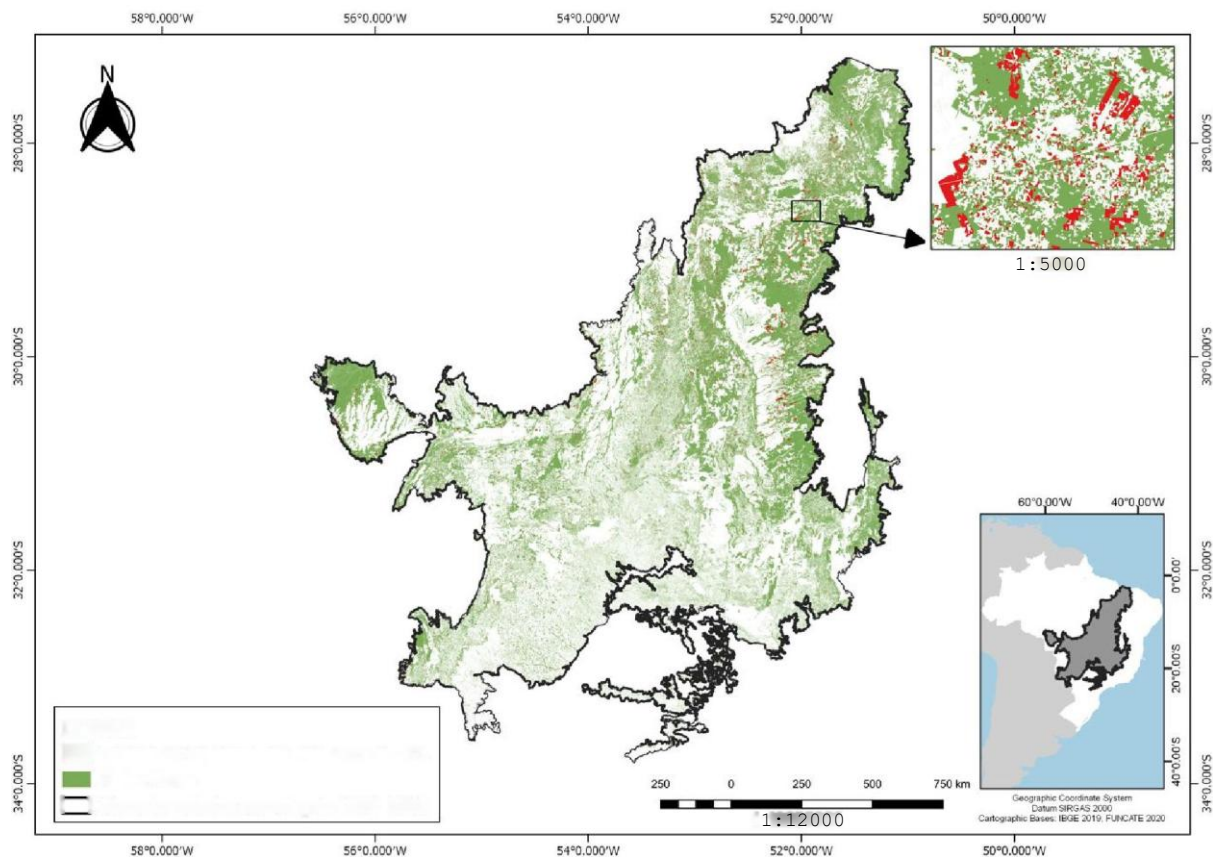


Figura 21 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Cerrado (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.3. Bioma Caatinga

A tabela e a figura a seguir apresentam a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões brutas de CO₂ associadas ao desmatamento e à degradação florestal no bioma Caatinga.

Tabela 35 – Emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Caatinga

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Emissões brutas de CO ₂ (t CO ₂ ano ⁻¹)
2016-2017	213.663	28.318.172
2017-2018	206.501	25.191.250
2018-2019	176.298	23.870.541
2019-2020	209.054	28.416.933
2020-2021	198.817	25.414.849
Média		26.242.349

Fonte: cálculos próprios

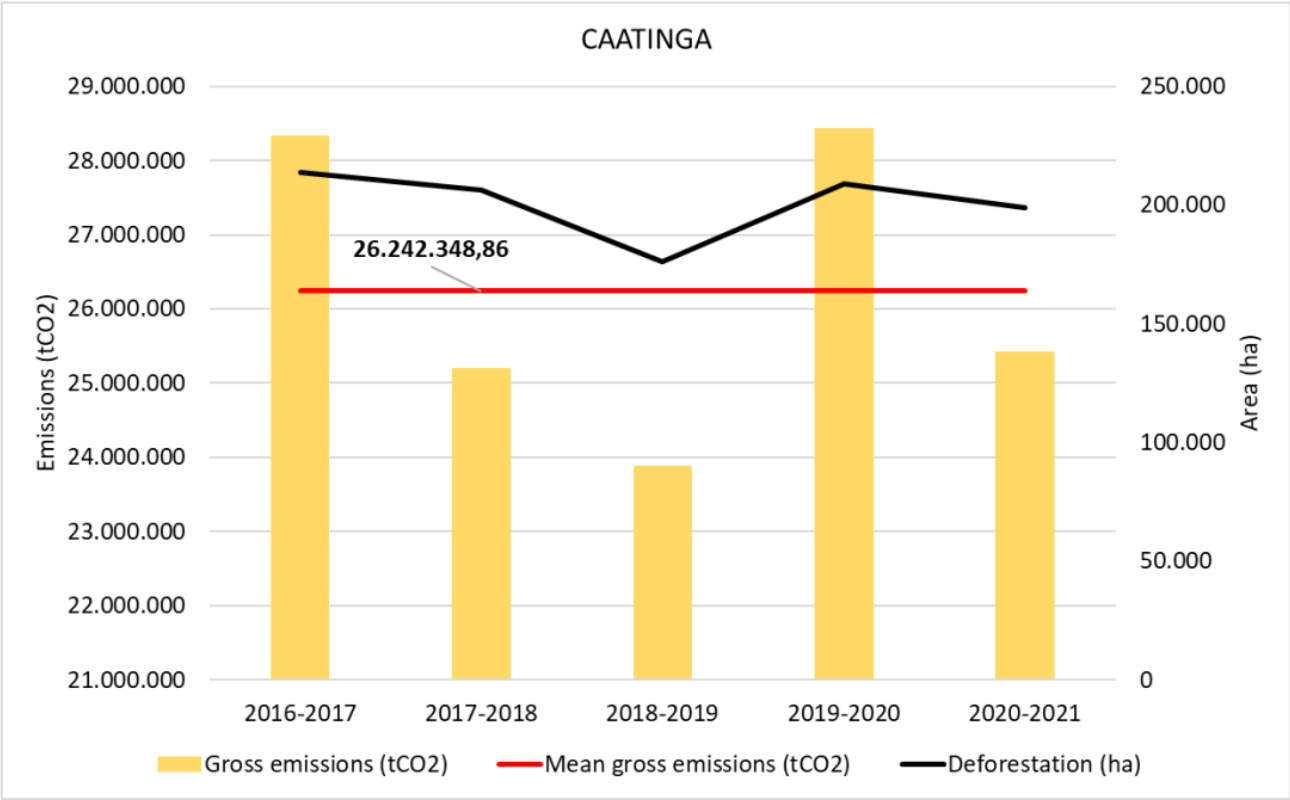


Figura 22 – Emissões brutas de CO₂ e desmatamento anual no bioma Caatinga (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir apresenta a cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Caatinga

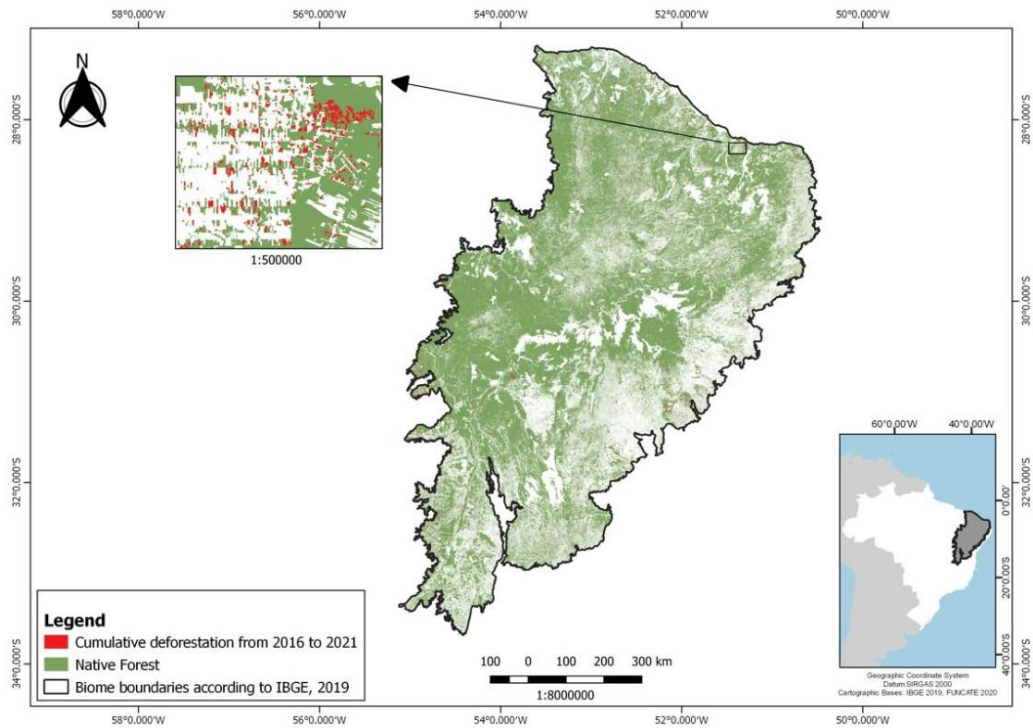


Figura 23 – Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Caatinga (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.4. Bioma Mata Atlântica

A tabela e a figura a seguir apresentam a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões brutas de CO₂ associadas ao desmatamento no bioma Mata Atlântica.

Tabela 36 – Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Mata Atlântica

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Emissões brutas de CO ₂ (toneladas CO ₂ ano ⁻¹)
2016-2017	85.870	36.434.019
2017-2018	117.209	45.100.213
2018-2019	89.850	39.463.224
2019-2020	62.143	23.544.177
2020-2021	68.965	28.761.218
Média		34.660.570

Fonte: cálculos próprios

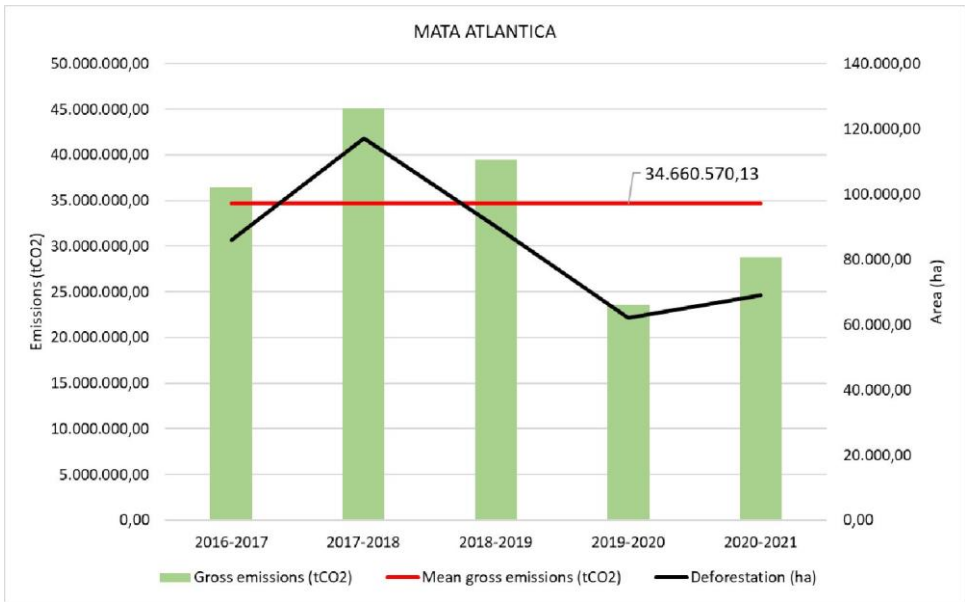


Figura 24 – Emissões brutas de CO₂ e desmatamento anual no bioma Mata Atlântica (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir mostra a distribuição da cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Mata Atlântica.

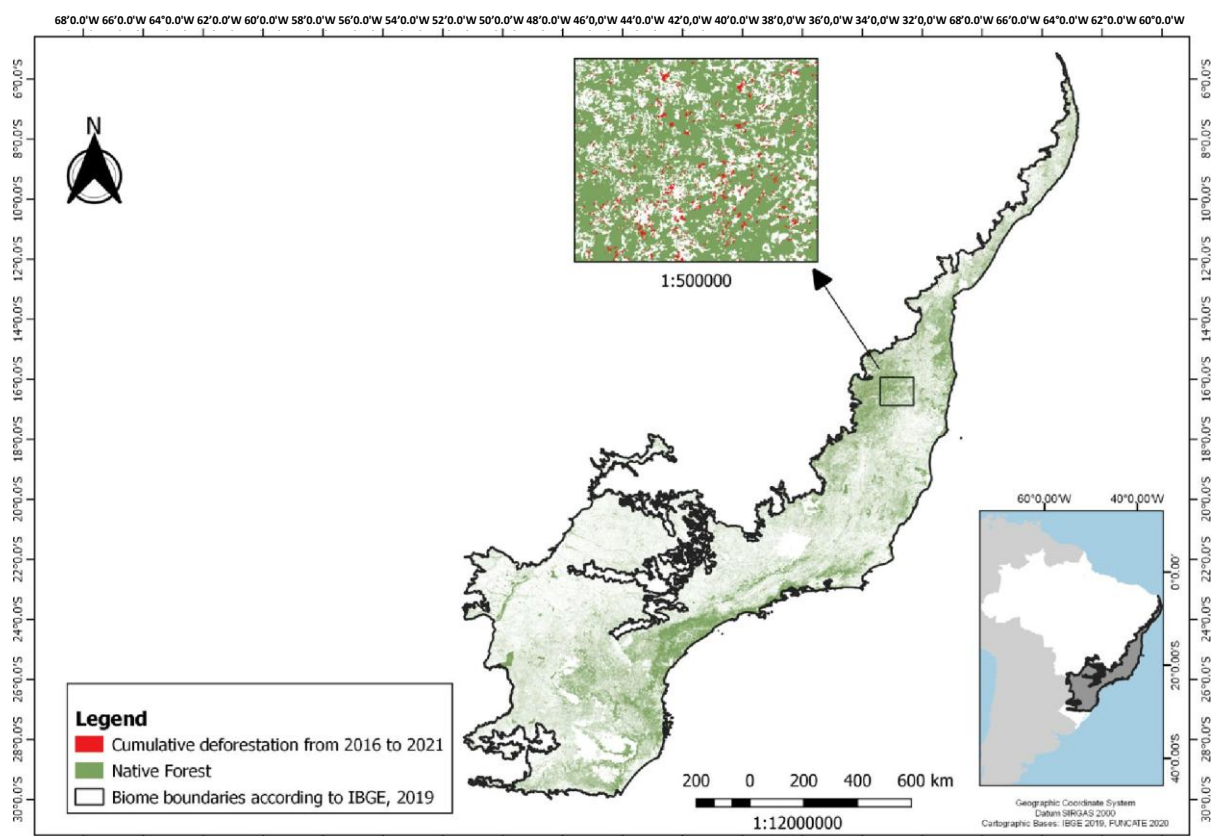


Figura 25 – Cobertura florestal (em verde) e polígono desmatado (em vermelho) no bioma Mata Atlântica (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.5. Bioma Pampa

A tabela e a figura a seguir apresentam a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões brutas de CO₂ associadas ao desmatamento no bioma Pampa.

Tabela 37 – Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Pampa

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Emissões brutas de CO ₂ (t CO ₂ ano ⁻¹)
2016-2017	35.948	3.629.785
2017-2018	34.987	3.798.004
2018-2019	39.058	3.574.669
2019-2020	33.198	3.460.472
2020-2021	56.666	5.850.602
Média		4.062.706

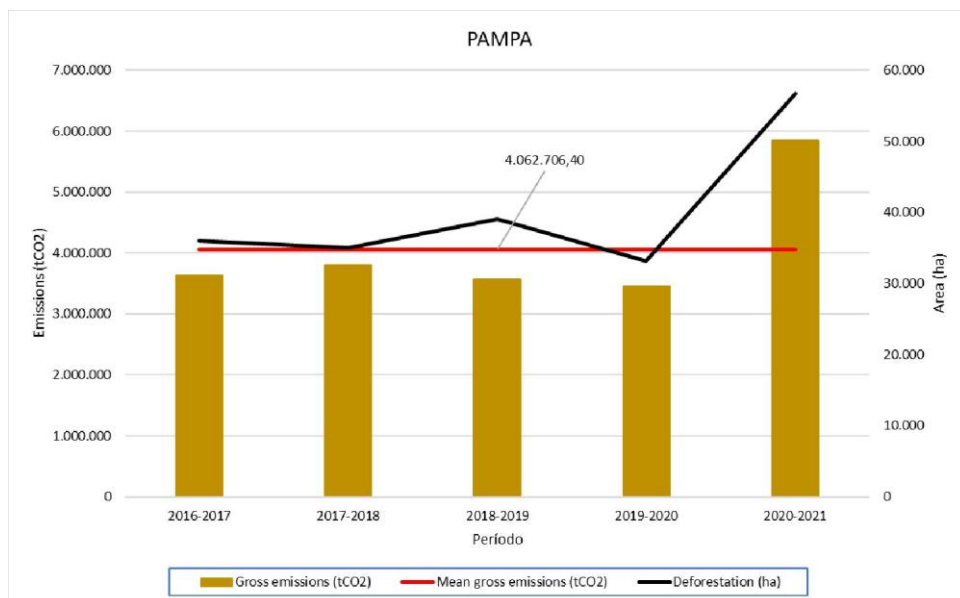


Figura 26 – Emissões brutas de CO₂ e desmatamento anual no bioma Pampa (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir mostra a distribuição da cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Pampa.

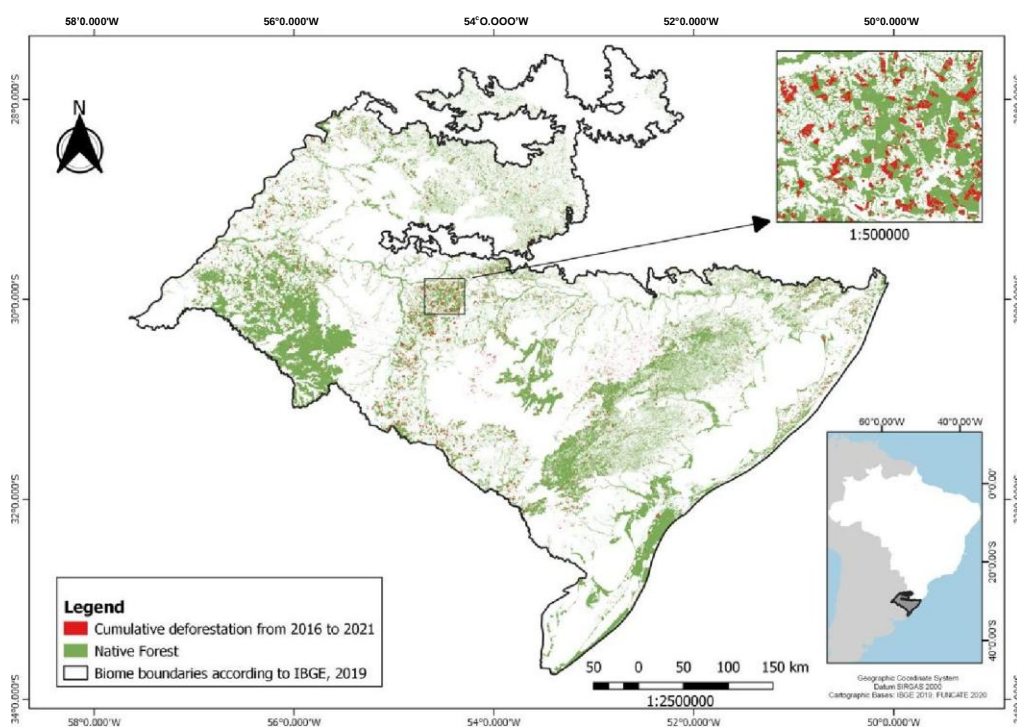


Figura 27 – Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Pampa (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.6. Bioma Pantanal

A tabela e a figura a seguir apresentam a área desmatada em cada período anual do período de referência e as respectivas emissões brutas de CO₂ associadas ao desmatamento no bioma Pantanal.

Tabela 38 – Área anual desmatada e as respectivas emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento no bioma Pantanal

Período	Área anual desmatada (ha ano ⁻¹)	Emissões brutas de CO ₂ (t CO ₂ ano ⁻¹)
2016-2017	34.287	7.296.713
2017-2018	23.976	5.101.431
2018-2019	21.684	4.684.070
2019-2020	24.558	5.655.516
2020-2021	27.761	7.446.456
Média		6.036.837

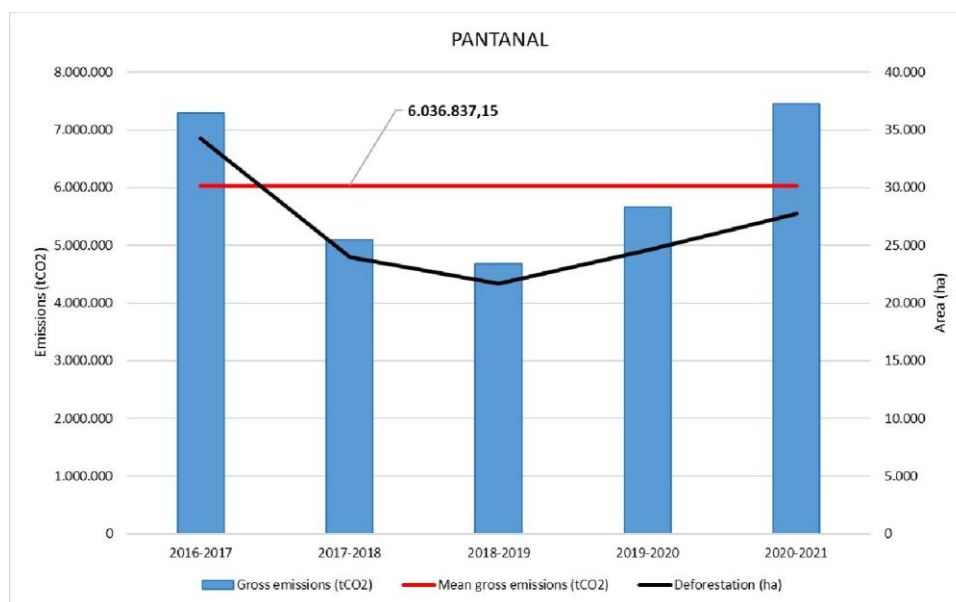


Figura 28 – Emissões brutas de CO₂ e desmatamento anual no bioma Pantanal (2016/2017 – 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios

A figura a seguir apresenta a distribuição da cobertura florestal no ano de 2021 e os polígonos desmatados entre 2016 e 2021 no bioma Pantanal.

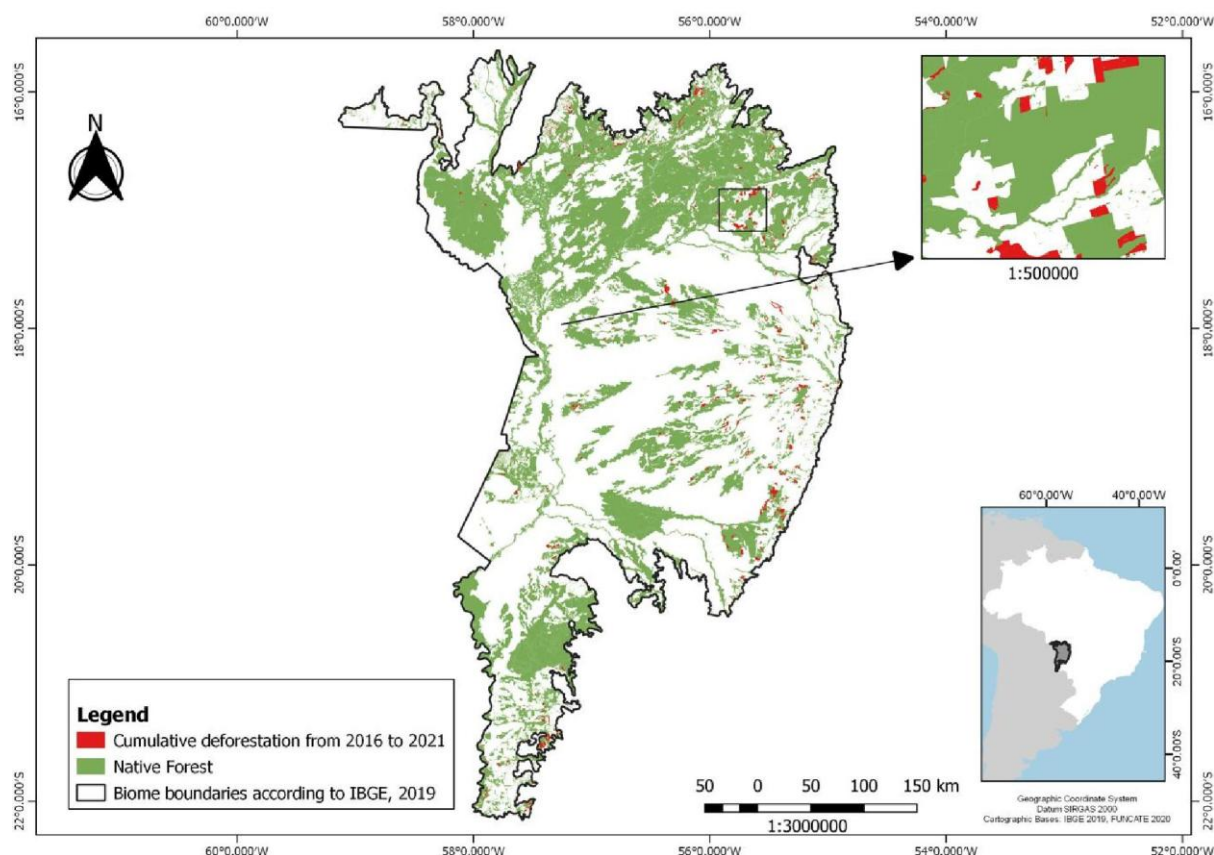


Figura 29 - Cobertura florestal (em verde) e polígonos desmatados (em vermelho) no bioma Pampa (2016/2017 - 2020/2021)

Fonte: cálculos próprios com base em dados do PRODES

6.7. FREL nacional do Brasil

6.7.1. Emissões por desmatamento e degradação florestal

O FREL nacional do Brasil é estimado como a soma das emissões médias brutas de GEE dos biomas Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal, e das emissões líquidas de GEE (em toneladas de CO₂eq) dos biomas Amazônia e Cerrado, conforme a **Tabela 39** e **Figura 30**.

Tabela 39 – FREL nacional do Brasil para o período 2016-2017 / 2020-2021

Bioma	Emissões médias anuais (tCO ₂ eq/yr)	Contribuição (%)	Tipo
Amazônia	505.515.269	75%	Emissões líquidas
Cerrado	97.048.732	14%	
Mata Atlântica	34.660.570	5%	Emissões brutas
Caatinga	26.242.349	4%	
Pampa	4.062.706	1%	
Pantanal	6.036.837	1%	
FREL (soma)	673.566.464		

Fonte: cálculos próprios

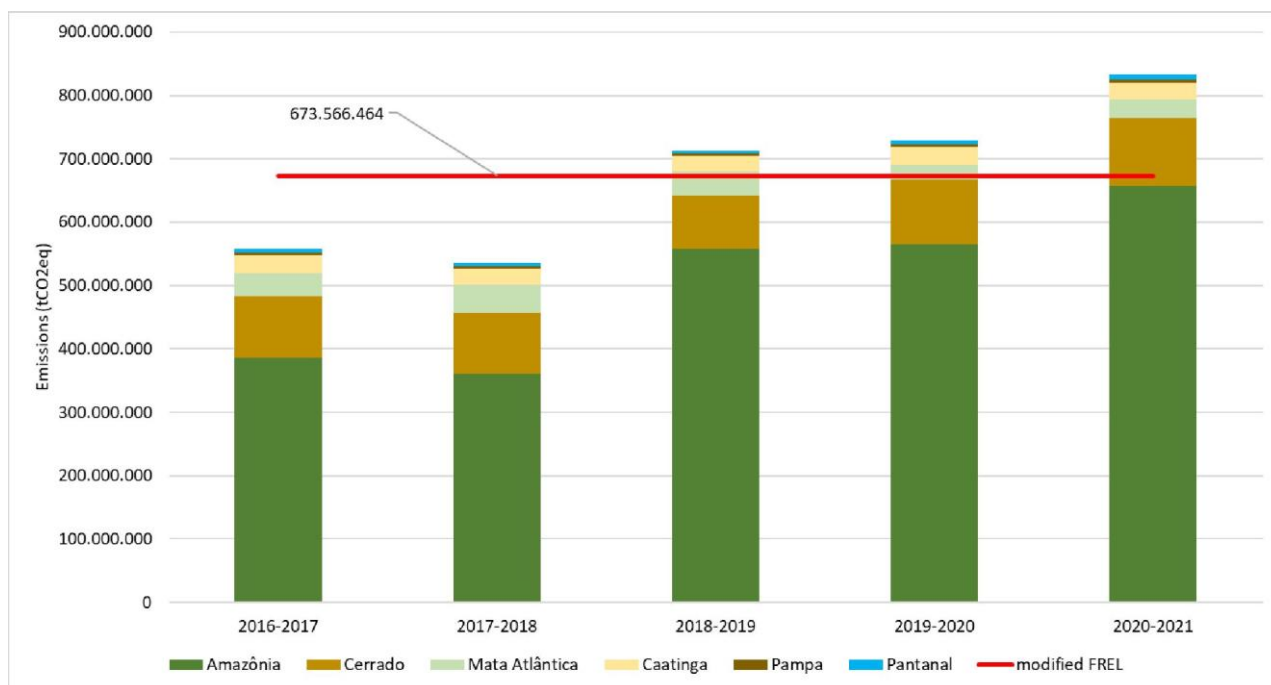


Figura 30 – FREL nacional do Brasil para o período 2016-2017 / 2020-2021

Fonte: cálculos próprios

Com base neste FREL, o Brasil pretende buscar pagamentos por resultados em decorrência da implementação de suas políticas e planos de REDD+.

6.7.2. Aumento dos estoques de carbono florestal

O AECF líquido por regeneração da vegetação secundária na Amazônia, para o período de referência de 2014 a 2020, foi estimado em $-59.395.580 \text{ tCO}_2 \text{ ano}^{-1}$.

Tabela 40: Emissões líquidas por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020.

Ano	Remoções - ganho de VS (tCO ₂)	Emissões - perda de VS (tCO ₂)	Aumento LÍQUIDO dos estoques de carbono florestal (tCO ₂)
2014	-178.115.232	116.840.838	-61.274.394
2015	-177.692.504	79.498.166	-98.194.338
2016	-177.269.776	94.720.196	-82.549.581
2017	-176.847.049	109.942.226	-66.904.823
2018	-176.424.321	125.164.255	-51.260.066
2019	-176.001.594	140.386.285	-35.615.308
2020	-175.578.866	155.608.315	-19.970.551
Média	-176.847.049	117.451.469	-59.395.580

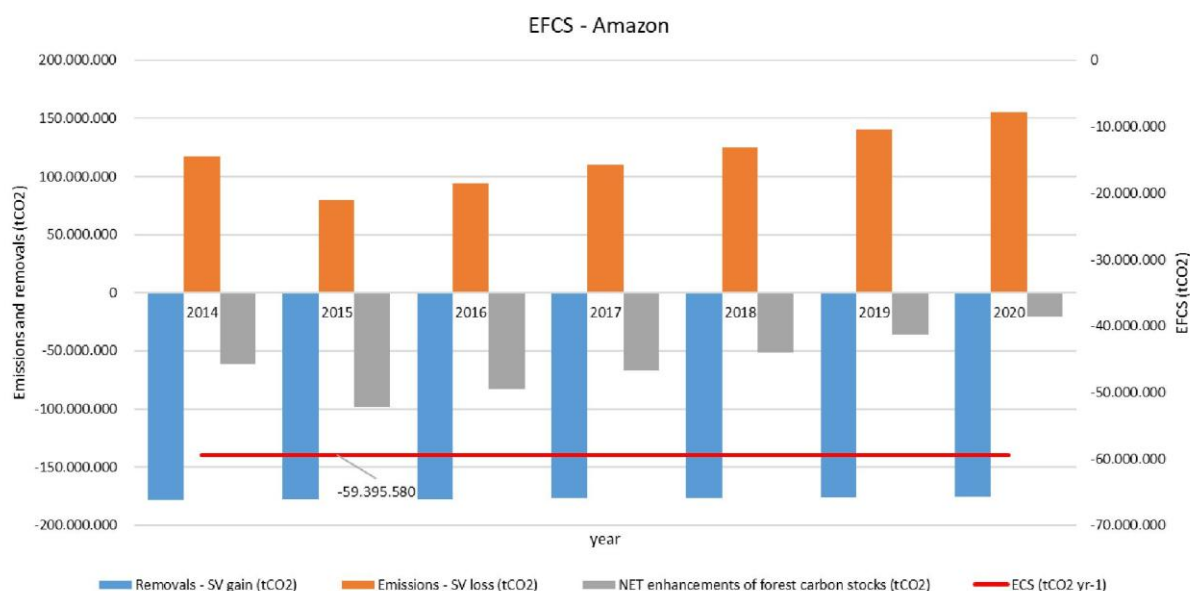


Figura 31: Emissões líquidas por AECF na Amazônia, período de referência de 2014 a 2020
Fonte: cálculos próprios

Box 10 – Políticas e planos relevantes para REDD+

O compromisso soberano do Brasil com a proteção da vegetação nativa e a integridade do sistema climático, visando o bem-estar das gerações presentes e futuras, foi reiterado pela [Lei nº 12.651/2012](#) (Código Florestal). Da mesma forma, uma série de políticas, leis, regulamentações, ações e iniciativas de diversas partes interessadas contribuem para a implementação do REDD+, tanto em nível nacional como em nível de bioma/regional. A Estratégia Nacional para REDD+ (ENREDD+) foi estabelecida em 2015 com o objetivo de ampliar a implementação de políticas para a redução do desmatamento e degradação florestal, começando pelos biomas Amazônia e Cerrado até atingir o nível nacional.

Os Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia e no Cerrado foram os principais instrumentos de mediação de políticas públicas no território nacional. Desde 2004 (no caso da Amazônia) e desde 2010 (no caso do Cerrado), os esforços realizados vêm apresentando resultados significativos na redução das taxas de desmatamento. Mesmo assim, observa-se uma tendência de aumento do desmatamento na Amazônia, o que reflete certo esgotamento dos planos anteriores, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de soluções mais eficazes de prevenção e combate ao desmatamento ilegal. Nesse contexto, considerando a busca por novas soluções além daquelas que vinham apresentando bons resultados, houve em 2019 a transição para o novo Plano para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa, que abrange todo o território nacional, aprovado pela Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa – CONAVEG (Decreto nº 10.142/2019). Em 2023, o Decreto foi revogado e em seu lugar foi publicado o Decreto nº 11.367/2023, que determina a elaboração de Planos de Ação específicos para Prevenção e Controle do Desmatamento em todos os biomas brasileiros. Atualmente, o Plano para a Amazônia (PPCDAm) já está estabelecido e os Planos para os demais biomas encontram-se em desenvolvimento.

O Plano consolida as contribuições dos diversos ministérios que compõem a Comissão Interministerial e a Subcomissão Executiva do PPCDAm. Ele foi construído com base na

experiência acumulada pelo governo federal nas quatro fases anteriores e no êxito alcançado com a redução em 83% do desmatamento entre 2004 e 2012, de acordo com dados do PRODES. A elaboração do plano também se beneficiou do diálogo com a sociedade civil e o meio acadêmico durante o X Seminário Técnico-Científico de Análise de Dados sobre Desmatamento na Amazônia Legal, do processo de consulta pública e de reuniões frequentes com representantes dos estados da Amazônia Legal e membros da sociedade civil organizada.

Vale também mencionar a aprovação da Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais ([Lei nº 14.119/2021](#)), que vem sendo discutida no âmbito da Comissão Técnica para a definição de seus procedimentos regulatórios.

Especificamente sobre os pagamentos por resultados, a Comissão Nacional para REDD+ (Decreto nº 10.144/2019) deu passos importantes na implementação de REDD+ para além da Amazônia, com a aprovação em 2022 dos limites de captação de recursos e critérios de elegibilidade para as entidades do bioma Cerrado, com base nos resultados de redução do desmatamento verificados pela UNFCCC nesse bioma.

6.8. Incertezas

As tabelas a seguir apresentam as estimativas de incerteza para as emissões brutas de GEE associadas ao desmatamento, degradação e remoções de vegetação secundária. Os valores são apresentados em percentuais de incerteza em torno do valor estimado, representando um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 41 - Incerteza das emissões brutas de CO₂ por desmatamento

Ano	Amazônia %	Cerrado %	Caatinga %	Mata Atlântica %	Pampa %	Pantanal %
2017	12	14	20	21	18	24
2018	11	13	22	18	18	25
2019	12	14	20	20	18	24
2020	11	14	20	17	19	24
2021	11	13	20	19	15	26
Média	11	13	20	19	17	24

Fonte: cálculos próprios

Tabela 42 – Incerteza das remoções de CO₂ pelo uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” e das emissões de CO₂ por degradação

Ano	Remoções		Degradação por fogo	Degradação por corte seletivo
	Amazônia %	Cerrado %	Amazônia %	%

2017	58	72	39	15
2018	58	73	58	12
2019	58	73	37	11
2020	58	74	35	10
2021	58	74	33	10
Média	58	73	35	10

Fonte: cálculos próprios

Tabela 43 - Incerteza das emissões de CH₄

Ano	Desmatamento		Degradação por fogo
	Amazônia	Cerrado	Amazônia
	%	%	%
2017	92	93	99
2018	92	93	110
2019	92	93	98
2020	92	93	98
2021	92	92	97
Média	92	93	98

Fonte: cálculos próprios

Tabela 44 – Incerteza das emissões de N₂O

Ano	Desmatamento		Degradação por fogo
	Amazônia	Cerrado	Amazônia
	%	%	%
2017	89	90	96
2018	89	89	110
2019	89	90	96
2020	89	89	95
2021	89	89	95
Média	89	89	95

Fonte: cálculos próprios

Tabela 45 - Incerteza das emissões líquidas

Ano	Amazônia	Cerrado
	%	%
2016-2017	17	17
2017-2018	16	17
2018-2019	15	17
2019-2020	16	17
2020-2021	15	17
Média	15	17

Fonte: cálculos próprios

A incerteza também pode ser expressa como intervalos de confiança de 95%, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 46 - Incerteza das emissões líquidas, expressa como intervalo de 95% em torno da média

Ano	Intervalo de confiança Amazônia (toneladas de CO ₂ eq/ano ⁻¹)		Intervalo de confiança Cerrado	
2016-2017	319.495.531	452.972.010	80.017.732	113.305.418
2017-2018	304.779.931	416.692.130	79.582.712	111.694.851
2018-2019	472.616.687	643.028.148	68.960.663	97.653.649
2019-2020	475.751.831	655.240.615	84.476.429	119.323.206
2020-2021	559.299.594	755.276.215	89.830.370	125.642.287
Média	428.227.891	582.802.648	80.676.062	113.421.401

Fonte: cálculos próprios

7. Referências

- Almeida, C. A., Valeriano, D. d., Escada, M. E., & Rennó, C. D. (2010). Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazonica*, 40, pp. 289-302. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200007>
- Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. D., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C. G., . . . Gomes, A. R. (2016). High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. (*A. Amazonica*, Ed.) 3, pp. 291-302. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>
- Almeida, C. A., Valeriano, D. M., Maurano, L., Fonseca, L. M., Silva, D., Santos, C. F., . . . Ribeiro, V. (2020). DEFORESTATION MONITORING IN DIFFERENT BRAZILIAN BIOMES: CHALLENGES AND LESSONS. Em IEEE (Ed.), *IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)*. IV-3/W2-2020, pp. 357-362. Santiago: ISPRS. doi:10.1109/LAGIRS48042.2020.9285976

- Almeida, C. A., Valeriano, D. d., Escada, M. E., & Rennó, C. D. (2010). Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazonica*, 40, pp. 289-302. doi:<https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200007>
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 4, p. 149-163, 1981.
- ARAGÃO, L. E. O. C., et al. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. *Biological Reviews*, v. 89, n. 4, p. 913–931, 2014.
- ASNER, G. P. et al. (2012). High-resolution mapping of forest carbon stocks in the Colombian Amazon. *Biogeosciences*, v. 9, n. 7, p. 2683-2696, 2012.
- ASNER, G. P.; Mascaro, J. (2014). Remote Sensing of Environment Mapping tropical forest carbon: Calibrating plot estimates to a simple LiDAR metric. *Remote Sensing of Environment*, 140, 614–624, 2014. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.023>
- BOLDRINI, I. I. et al. Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica. Porto Alegre: Pallotti, 2010. 64 p.
- Brasil. (2016). Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- Brasil. (2019). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Florestas do Brasil em resumo: 2019/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA/SFB.
- Brasil. (2020). Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência: Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília: MCTI. : <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- DUQUE, J. G. O Nordeste e a lavoura xerófila. Mossoró: ESAM, 1980. (Coleção Mossoroense, 143).
- FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 Report - Brazil. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca9976en/ca9976en.pdf> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; COSTA, B. S. C. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. Em: DALL’AGNOL, M.; NABINGER, C.; SANT’ANNA, D. M.; SANTOS, R. J. (eds.). II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal. Porto Alegre: Depto. Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS, 2007. p. 15-21.
- IBGE. (2012). Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Coordenação de recursos naturais e estudos ambientais. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em:

- <https://inde.gov.br/Noticias/Detalhe/1> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- IBGE. (2017). Mapas de biomas e vegetação do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em:
www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=acesso-ao-produto (acessado em 3 de novembro de 2022)
- IBGE. (2019). Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p. - (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 45). Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- INPE. (2018). METODOLOGIA DA DETECÇÃO DO DESMATAMENTO NO BIOMA CERRADO: Mapeamento de Áreas Antropizadas com Imagens de Média Resolução Espacial. São José dos Campos: INPE. http://cerrado.obt.inpe.br/wp-content/uploads/2019/08/report_funcate_metodologia_mapeamento_bioma_cerrado.pdf (acessado em 6 de novembro de 2022)
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Publicado: IGES, Japão. Disponível em:
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- LEAL, I.R., et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.
- LUETZELBURG, P. VON. 1922-23. Estudo Botânico do Nordeste. Inspectoria Federal de Obras Contra as Secas, Ministério da Viação e Obras Públicas, Publicação 57, Série I, A, Rio de Janeiro.
- MCTI. (2015). Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília: MCTI. : <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial> (acessado em 3 de novembro de 2022)
- Melchiori, A. E. (2014). Algoritmo digital automático para estimar áreas queimadas em imagens de média resolução da região do Jalapão. São José dos Campos: INPE.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília, 2015. 343 p.
- NASA. (2019). SRTM - Shuttle Radar Topography Mission. Disponível em:

<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm> (acessado em 3 de novembro de 2022)

OMETTO, J. P.; Aguiar, A. P.; Assis, T.; Soler, L.; Valle, P.; Tejada, G.; Lapola, D.M.; Meir, P. (2014). Amazon Forest biomass density maps: tackling the uncertainty in carbon emission estimates. *Climatic Change*, 124, 545–560, 2014.

PADOVANI, C. R. Conversão da vegetação natural do Pantanal para uso antrópico de 1976 até 2017 e projeção para 2050. Embrapa Pantanal, Comunicado técnico 109, 2017. 6 p.

Pott, A.; Silva, J.S.V. (2016) Terrestrial and aquatic vegetation diversity of the Pantanal wetland. Em: Bergier I, Assine ML (eds) *Dynamics of the Pantanal wetland in South America. Handbook of environmental chemistry*, vol 37. Springer International Publishing Switzerland, pp 111–132.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Em: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). *Cerrado: ecologia e flora*, v. 2. Brasília: Embrapa-Cerrados, 2008. 876 p.

Silva, J.S.V.; Pott, A.; Chaves, J.V.B. (2021) Classification and mapping of the vegetation of the Brazilian Pantanal. Em: Damasceno-Junior, G. A.; Pott, A. *Flora and vegetation of the Pantanal Wetland. Handbook of Plant and Vegetation*, vol 18. Springer Nature Switzerland, pp 11-38.

Valeriano, D. d., Narvaes, I. d., Maia, J. S., Diniz, C. G., & Souza, A. d. (2016). METODOLOGIA DO SISTEMA DETER – B (SISTEMA DE DETECÇÃO DO DESMATAMENTO E ALTERAÇÕES NA COBERTURA FLORESTAL EM TEMPO QUASE REAL) MAPEAMENTO DE ALERTAS WFI-CBERS-4 COM IMAGENS DOS SENSORES AWIFS-RESOURCESAT-2 E WFI-CBERS-4. INPE. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34P/3LQKMBL> (acessado em 16 de outubro de 2022).

Vieira, I. G., Almeida, A. S., Davidson, E. A., Stone, T. A., Carvalho, C. R., & Guerrero, J. B. (2003). Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. *Remote Sensing of Environment*, pp. 470-481. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2002.09.002>

8. Anexo: Informações adicionais

8.1. Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de desmatamento

O mapeamento das áreas desmatadas em cada bioma seguiu a metodologia desenvolvida e utilizada no **PRODES-Amazônia** (Almeida et al., 2020) e **PRODES-Cerrado** (INPE, 2018), de forma a garantir que a identificação dos polígonos de desmatamento fosse consistente em todo o território brasileiro. De forma geral, a metodologia envolve análise visual seguida de

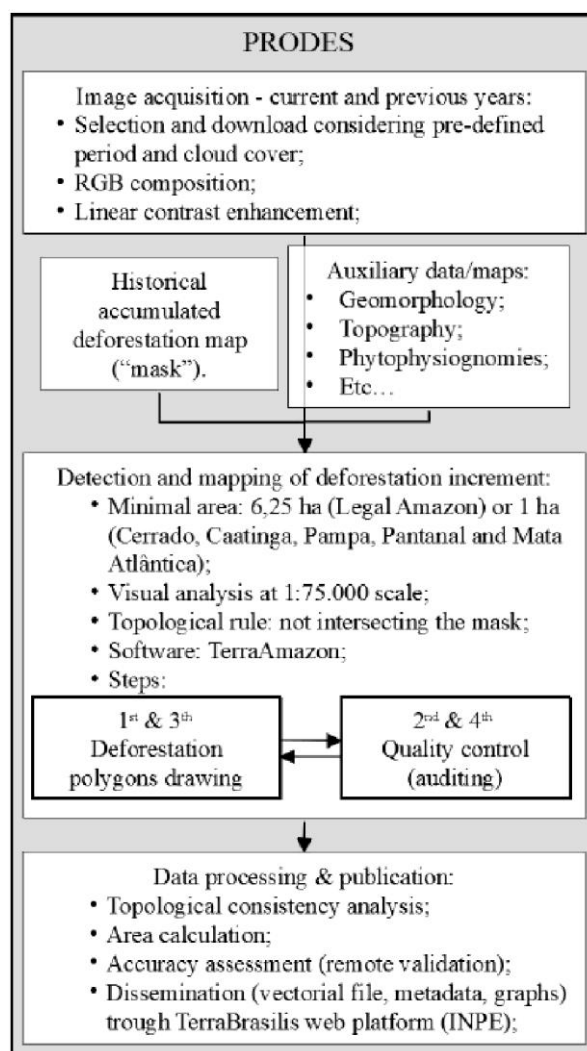


Figura 32 – Descrição geral da metodologia PRODES

Fonte: Adaptado de Almeida et al., 2020

vetorização manual do desmatamento utilizando imagens de satélite (tipo Landsat) de resolução média – **Figura 32**.

As imagens utilizadas para identificar os polígonos desmatados foram selecionadas de acordo

com um período prioritário, de modo a manter intervalos anuais regulares. Os períodos definidos incluem um trimestre prioritário associado a um período estendido - que acrescenta um ou dois meses além do trimestre prioritário.

Tabela 47 – Período de seleção das imagens de satélite

Bioma	Período prioritário	Período estendido
Amazônia	Julho-Agosto-Setembro	Julho-Agosto-Setembro-Outubro-Novembro
Cerrado	Julho-Agosto-Setembro	Junho-Julho-Agosto-Setembro
Caatinga	Agosto-Setembro-Outubro (ASO)	Julho-Agosto-Setembro-Outubro-Novembro-Dezembro
Pampa	Setembro-Outubro-Novembro (SON)	Agosto-Setembro-Outubro-Novembro-Dezembro
Pantanal	Julho-Agosto-Setembro (JAS)	Julho-Agosto-Setembro-Outubro
Mata Atlântica - norte	Outubro-Novembro-Dezembro (OND)	Setembro-Outubro-Novembro-Dezembro
Mata Atlântica - centro-sul		
	Junho-Julho-Agosto (JJA)	Junho-Julho-Agosto-Setembro

Fonte: INPE/FUNCATE

Tabela 48 – Intervalo médio de dias considerado na seleção das imagens, para cada bioma e período de análise

Período	Intervalo médio de dias					
	Amazônia	Cerrado	Mata Atlântica	Caatinga	Pampa	Pantanal
2016-2017	361	370	377	408	360	364
2017-2018	364	352	374	358	369	368
2018-2019	389	378	356	388	381	363
2019-2020	362	369	343	356	323	367
2020-2021	367	365	360	330	392	369

Fonte: FUNCATE

Para cada um dos biomas, havia uma equipe de intérpretes qualificados que gerou os dados de desmatamento para cada período, reduzindo assim possíveis inconsistências na identificação dos padrões de desmatamento em cada um dos mapas produzidos.

Foi gerado um mapa de referência a partir de imagens de satélite para o período de referência e para cada bioma, indicando as áreas acumuladas de desmatamento e não desmatamento (consideradas áreas naturais). A partir desse mapa de referência, as áreas foram identificadas e mapeadas na escala 1:100.000, conforme a metodologia apresentada na **Figura 32**. A **Tabela 49** apresenta o número de cenas para cada bioma em cada ano analisado. A soma das áreas dos polígonos de desmatamento identificados dentro de uma determinada extensão geográfica (ex., bioma) é denominada incremento de desmatamento.

Os incrementos de desmatamento em áreas de florestas no período de 2016 a 2021 constituem os dados de atividade para estimar as emissões de CO₂ por desmatamento. O FREL nacional do Brasil considera os incrementos de desmatamento (ha/ano) para cada um dos seguintes períodos: 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021.

Tabela 49 – Número de cenas analisadas em cada período anual da série histórica, para

cada bioma

Bioma	Número de cenas Landsat usadas para cobrir o bioma
Amazônia	203
Cerrado	126
Mata Atlântica	89
Caatinga	52
Pampa	17
Pantanal	16

8.2. Informações adicionais relacionadas aos dados de atividade de degradação florestal

Os dados espaciais sobre a degradação florestal estão disponíveis por meio do Sistema DETER do INPE, cuja metodologia é descrita em Almeida et al. (2022). Em síntese, a metodologia do DETER baseia-se na análise visual de imagens de satélite CBERS WFI em composições coloridas das bandas 5 (R), 4 (G) e 3 (B) e em imagens de fração de sombra e vegetação obtidas por análise de modelo linear de mistura espectral, além de séries temporais múltiplas de imagens Landsat e CBERS (Almeida et al., 2022).

Os polígonos de degradação no sistema DETER estão associados a corte seletivo (ordenado/geométrico e irregular/desordenado) e “cicatrices de queimadas”. A área dos polígonos identificados como degradação em cada período anual pode continuar a ser explorada ou queimada em anos posteriores e, eventualmente, poderá ser parcial ou totalmente desmatada. Portanto, um determinado polígono classificado como degradado pode vir a ser reclassificado como desmatado em anos posteriores.

As áreas de corte seletivo e “cicatrices de queimadas” no bioma Amazônia estão disponíveis para todos os anos do período de referência.

O Brasil considera que o DETER é uma ferramenta adequada para o monitoramento da degradação. Os dados/resultados mais recentes (2016) do DEGRAD, programa anterior de monitoramento, mapearam 23.778 polígonos de degradação por fogo, com área total de 27.221 km² (média de 114 ha/polígono). É importante destacar que o DEGRAD mapeava as áreas uma vez por ano, utilizando imagens do satélite Landsat (com resolução espacial de 30 m).

Em 2016, teve início o mapeamento de degradação florestal por fogo pelo DETER, utilizando imagens dos satélites CBERS 4 e 4A (com resolução espacial de 64 m). Naquele ano, foram mapeados pelo DETER 17.121 polígonos, totalizando 23.403 km² (média de 136 ha/polígono). Ainda que o DETER tenha mapeado 28% menos que o DEGRAD em número de polígonos, a área mapeada pelo DETER foi 14% menor, o que pode indicar que a diferença de resolução espacial entre o satélite Landsat (usado pelo DEGRAD) e o satélite CBERS (usado pelo DETER) não acarreta grande perda de informação. A redução na resolução espacial pode ser compensada pela alta resolução temporal das imagens CBERS utilizadas no DETER (revisita de 5 dias), permitindo que vários eventos de degradação sejam mapeados sistematicamente ao longo do mesmo ano, atendendo assim ao objetivo principal do DETER, que é a emissão de informações para fiscalização ambiental.

Não obstante, o Brasil planeja continuar a aprimorar o DETER, avaliando a possibilidade de elaborar alertas diários de desmatamento/degradação produzidos a partir do uso de imagens do Sentinel-2/Landsat 8 e 9, com base em processos semiautomatizados de classificação de imagens.

Além disso, o INPE mantém um sistema diário de validação dos dados do DETER, por meio de uma plataforma web SIG específica (Figura 33). Na plataforma, o analista avalia um conjunto de polígonos de desmatamento/degradação com base em imagens atuais e de melhor resolução fornecidas pela constelação PlanetScope (com resolução de 5 m), identificando cada um como Acerto (“alerta confirmado”) ou Erro (“alerta de falso positivo”).

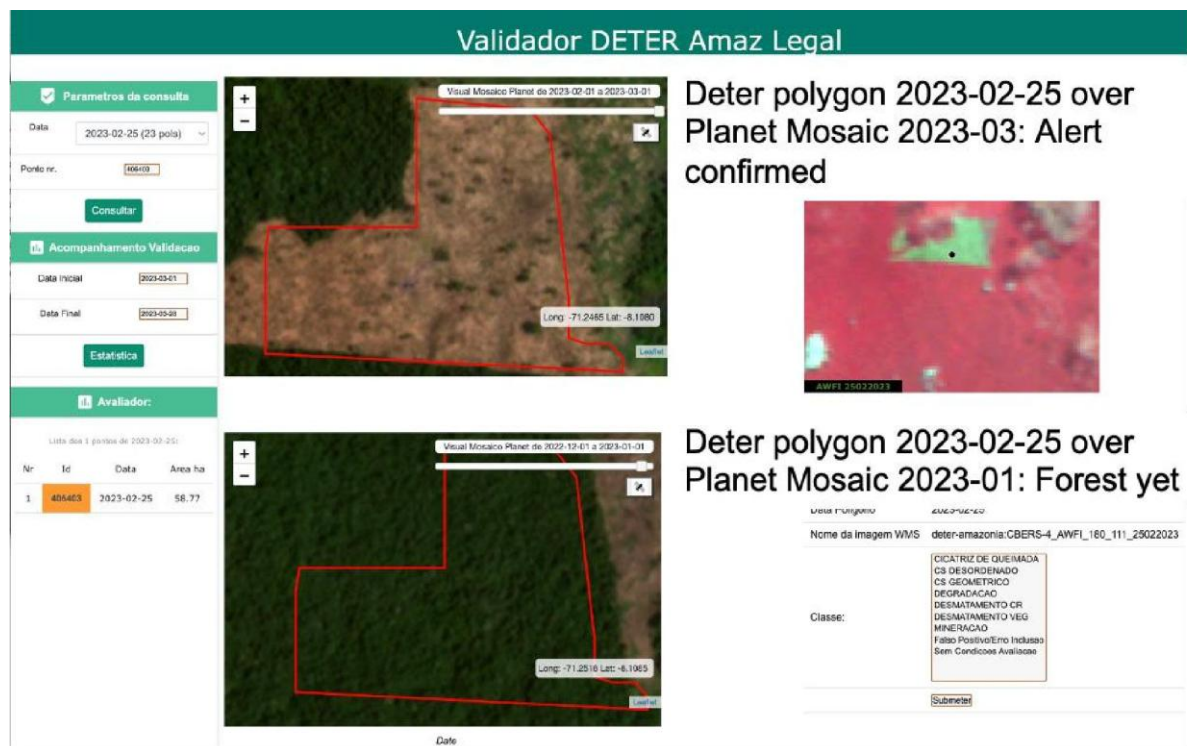


Figura 33 – Ilustração da plataforma web SIG utilizada para validação de dados do DETER

Fonte: DETER

No período de 01/08/2020 a 28/02/2023, foram validados um total de 41.999 polígonos DETER (apenas 45% do total), sendo que 86% dos polígonos foram considerados respostas corretas. Para as classes de degradação por fogo, foram validados 2.818 polígonos (apenas 17% do total), dos quais 47% foram considerados corretos no mesmo período. O Brasil continuará a validar os polígonos do DETER, a fim de obter uma estimativa mais precisa de acertos/erros.

8.2.1. Corte seletivo geométrico e desordenado

As classes de mapeamento para corte seletivo seguem padrões distintos, oriundos do próprio modo em que a extração madeireira é realizada. O DETER classificou as atividades de corte seletivo (utilizando “intérpretes de imagens”) em duas categorias: irregular/desordenado e regular/geométrico (Almeida et al., 2022).

1. Corte seletivo irregular/desordenado: É considerado um tipo comum de extração madeireira, em que árvores de interesse comercial são removidas sem planejamento prévio,

denotado pela forma desordenada de estradas e ramais no interior da floresta e com a presença de pátios de estocagem com dimensões irregulares e dispostos de forma aleatória.

2. Corte seletivo regular/ordenado: Considera-se relacionado a uma exploração baseada em algum tipo de plano de manejo (legal ou não), em que nota-se a organização espacial de elementos como estradas e pátios de estocagem no interior da floresta.

Nesta submissão do FREL, foram considerados parte da degradação florestal apenas os cortes seletivos com padrões geométricos desordenados, disponíveis no Sistema DETER. Assim que os dados do SINAFLOR estiverem disponíveis (ver **Box 7**), será possível verificar se o corte seletivo não regular está de fato associado à degradação florestal, e não a planos de manejo. Esses dados serão fundamentais para discriminar as atividades de degradação florestal daquelas associadas a planos de manejo aprovados.

Ressalta-se que a definição das classes de corte seletivo baseia-se tão somente na interpretação da imagem, de acordo com os padrões de corte seletivo observados, com limitada capacidade de quantificação do número de árvores derrubadas por hectare, do volume extraído e do impacto secundário no interior da floresta, bem como da legalidade da intervenção. A **Figura 34** apresenta exemplos de alertas relacionados a atividades de corte seletivo conforme a metodologia do DETER (Almeida et al., 2022).

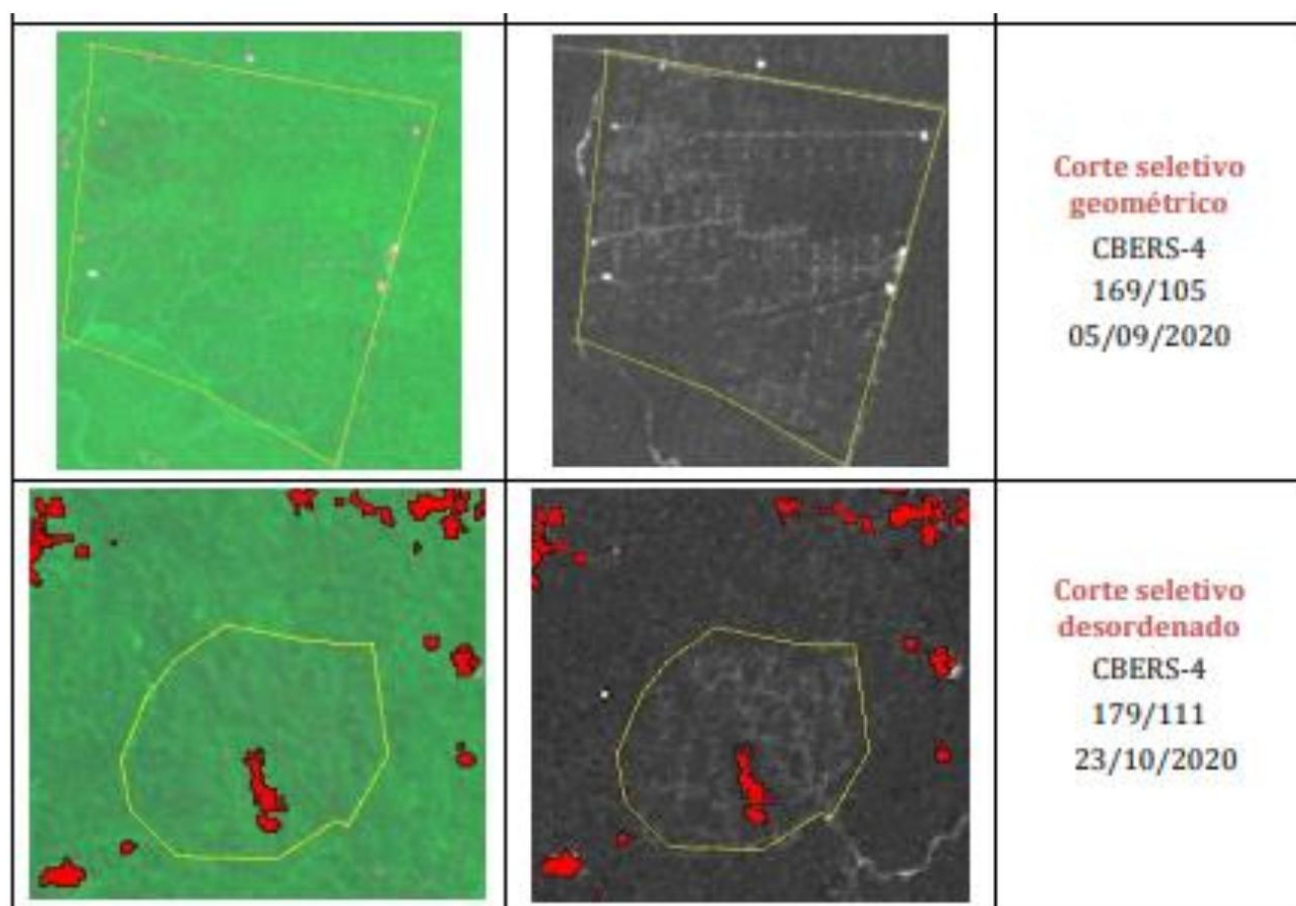


Figura 34 – Exemplo de corte seletivo geométrico (acima) e corte seletivo desordenado (abaixo) no sistema DETER

Fonte: DETER

8.2.2. Cicatriz de queimada

Segundo Valeriano et al. (2016), “cicatriz de queimada” é uma área que apresenta características espectrais associadas à ocorrência de um incêndio. A Figura 35 apresenta um exemplo de área afetada por fogo que foi mapeada como “cicatriz de queimada” no DETER.

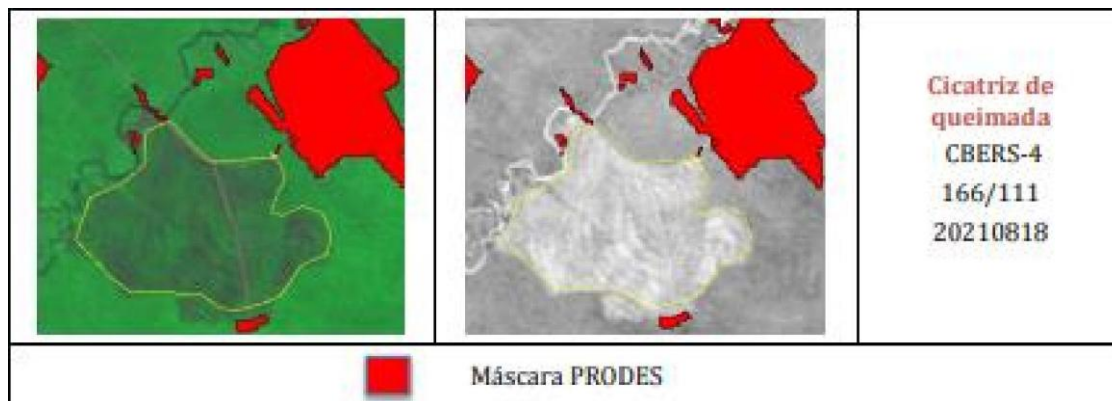


Figura 35 – Exemplo de cicatriz de queimada no sistema DETER

Fonte: DETER

8.3. Informações adicionais relacionadas às áreas de regeneração natural de florestas (vegetação secundária)

8.3.1. Vegetação secundária – Amazônia

Para estimar as emissões líquidas no bioma Amazônia, as áreas de regeneração natural da floresta em áreas previamente desmatadas foram primeiramente obtidas a partir do **Projeto TerraClass** e em seguida avaliadas. Diferentemente do PRODES e do DETER, esse mapeamento não é produzido com a mesma frequência que os dados do PRODES e do DETER, com dados disponíveis apenas para os anos de 2014 e 2020.

Segundo Almeida et al. (2016), as áreas de vegetação secundária consistem nas áreas de floresta que foram desmatadas e posteriormente abandonadas para regeneração natural. As áreas mapeadas como vegetação secundária podem encontrar-se em diferentes estágios de regeneração: inicial, quando o dossel é homogêneo e poucas espécies são encontradas; ou avançado, quando a heterogeneidade do dossel e a diversidade de espécies se assemelham à floresta original (Vieira et al., 2003).

Para 2014, a metodologia utilizada para o mapeamento das áreas de vegetação secundária baseou-se no uso de imagens fração e composições coloridas das bandas 3, 4 e 5 do Landsat-5/TM. Utilizando as imagens e um modelo de mistura linear, foi possível identificar um limiar acima do qual a cobertura do solo é dominada por vegetação secundária. Esses valores variaram para cada imagem e, uma vez identificado o padrão espectral, aplicou-se a técnica de fatiamento de imagens para criar uma imagem temática (Almeida C. A., Valeriano, Escada & Renno, 2010).

Para 2020, a metodologia baseou-se em uma amostragem aleatória estratificada em duas

etapas. Primeiramente, o bioma Amazônia foi estratificado por unidade federativa e, posteriormente, por percentual de área desmatada. Para a obtenção dos estratos, utilizaram-se os dados percentuais de vegetação secundária mapeados pelo TerraClass nos anos de 2014, 2012 e 2010. Após a estratificação, parcelas de 20 km por 20 km foram selecionadas aleatoriamente e amostras de treinamento foram coletadas e submetidas a classificação automática, realizada por um algoritmo de aprendizado de máquina na plataforma de análise geoespacial em nuvem *Google Earth Engine* (GEE). A classificação utilizou todas as imagens disponíveis para o período entre junho de 2020 e outubro de 2020, obtidas pelo satélite Sentinel-2/MSI. Com base na área mapeada em cada uma das parcelas, as áreas de vegetação secundária foram estimadas por expansão direta para os nove Estados da Amazônia e, posteriormente, para a Amazônia Legal. Em seguida, um subconjunto desses dados foi utilizado para mapear a vegetação secundária de toda a área desmatada do estado.

8.3.2. Vegetação secundária – Cerrado

A vegetação secundária definida pelo TerraClass Cerrado está relacionada a uma formação de vegetação natural, com predomínio de floresta savânica (*“cerradão”*) com árvores entre 15 e 18 metros de altura, caracterizada por árvores e arbustos com troncos tortuosos em áreas anteriormente desmatadas. No bioma Cerrado, os dados de vegetação secundária estão disponíveis apenas para os anos de 2018 e 2020.

8.4. Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Amazônia

A seguir, são detalhados os procedimentos operacionais adotados para estimar as emissões de GEE por desmatamento, degradação florestal e remoções por regeneração de vegetação secundária no bioma Amazônia, com base na abordagem metodológica descrita na página 54. Uma visão geral da fase 1 é apresentada na **Figura 36**, onde os dados espaciais são consolidados e planilhas são geradas para as etapas de cálculo subsequentes.

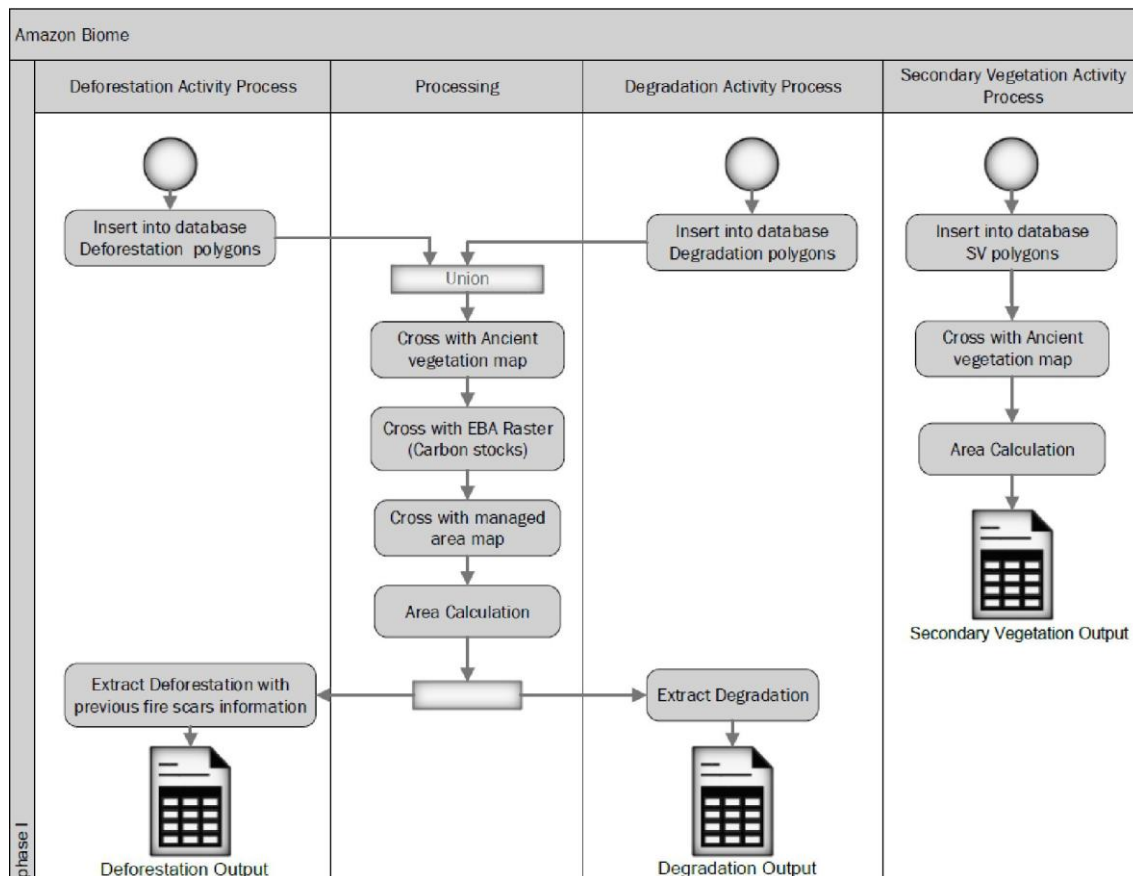


Figura 36 – Fluxo de trabalho da Fase 1 no SIG para gerar os resultados de desmatamento, degradação e vegetação secundária utilizadas nas fases subsequentes

Fonte: elaboração própria

8.4.1. Resultado de desmatamento – Bioma Amazônia

• FASE 1 - Operações SIG

A 1ª fase envolve diversas operações espaciais em um ambiente SIG (especialmente no software TerraAmazon), com o objetivo de consolidar e combinar mapas que apresentam áreas de desmatamento e outras informações importantes. Os passos a seguir resumem essas operações:

○ **Passo 1: Coleta e verificação de dados vetoriais (criação de banco de dados), considerando:**

- Mapas do PRODES apresentando os polígonos dos incrementos de desmatamento (conversão de vegetação nativa) para os períodos 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020 e 2020-2021
- Mapas de degradação do DETER apresentando as cicatrizes de queimadas e áreas de corte seletivo
- Limites dos biomas (**Figura 1**)
- Mapa da vegetação nativa pretérita (**Figura 9**)
- Mapa das áreas manejadas

A verificação consiste em uma rotina de procedimentos para identificar erros topológicos (como sobreposições e lacunas) e ausência de informações.

- **Passo 2:** Execução de operações espaciais para combinar os dados do Passo 1 e, em seguida, filtrar apenas os polígonos de desmatamento (supressão da vegetação nativa ocorrida em formações florestais, de acordo com o mapa da vegetação nativa pretérita).
- **Passo 3:** Associação dos fatores de emissão (estoques de carbono por unidade de área) a cada polígono de desmatamento por meio da extração do valor médio espacial do mapa raster do EBA (mapas do 4º Inventário Nacional de GEE que apresentam cada compartimento de carbono).
- **Passo 4:** Exportação de uma planilha eletrônica contendo, para cada ano do período de referência, os polígonos de desmatamento e suas respectivas fitofisionomias e estoques de carbono associados à biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, madeira morta e serapilheira - **Tabela 50**.

Tabela 50 - Resultado da Fase 1: “Operações SIG” para o componente de desmatamento na Amazônia, que serve de entrada para as fases seguintes.

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
Biome	Classificação do bioma: Amazônia	n/a	A	IBGE, 2019
main_class	Classificação da atividade de REDD+: Desmatamento	n/a	B	PRODES
class_name	Classificação da atividade de REDD+/ano	n/a	C	
year	Ano em que ocorreu a atividade de REDD+	n/a	D	
deter2017		n/a	E	DETER

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
deter2018	Classificação da degradação no ano correspondente: - Fogo ("cicatriz de queimada") - Corte seletivo desordenado ("CS") - Corte seletivo geométrico ("CSR")	n/a	F	
deter2019		n/a	G	
deter2020		n/a	H	
deter2021		n/a	I	
status			J	
source_inv	Classificação do bioma correspondente no 4º de GEE	n/a	K	4º Inventário Nacional de GEE
phytophysionomy	Fitofisionomias de vegetação pretérita	n/a	L	
category	Categoria de vegetação: Floresta (F)	n/a	M	
managed_land	Indica se o polígono está situado em área manejada ("t" = verdadeiro) ou não ("f" = falso)	n/a	N	
EBA_cagb	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono na biomassa acima do solo	tC/ha	O	EBA (4º Inventário Nacional de GEE)
EBA_cbgb	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono na biomassa abaixo do solo	tC/ha	P	

EBA_cdw	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono em madeira morta	tC/ha	Q	
EBA_clitter	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono em serapilheira	tC/ha	R	
EBA_c4	Carbono total	tC/ha	S	
area_ha		ha	T	Estimativas próprias

Fonte: Planilha eletrônica "P3h_FREL_AMAZONIA_EMISSOES_DESMATAMENTO_1ha-6ha_Cenario3_v20201030.xlsx"

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
Fonte: elaboração própria																				
1	biome	main_class	class_name	year	deter2017	deter2018	deter2019	deter2020	deter2021	status	source_inv	phytophysionomy	category	managed_land	ebs_cagb	ebs_cagb	ebs_cdw	ebs_clitter	ebs_total	area_ha
2	Amazonia	DESMATAMENTO	d2017	2017	CQ1					DETER	Amazonia	Aa	F	f	17,09	1,71	1,98	0,99	21,17	0,894
3	Amazonia	DESMATAMENTO	d2017	2017			CQ1			DETER	Amazonia	Aa	F	f	40,19	4,02	3,26	2,32	49,79	0,0092

Fonte: elaboração própria

Figura 37 – Representação ilustrativa do resultado da planilha eletrônica da Fase 1

Fonte: Elaboração própria

Cada linha da planilha representa um grupo de polígonos com as mesmas características, exceto pela área individual. O atributo “area_ha” representa a soma das áreas individuais dos polígonos desmatados. Essa agregação foi necessária em virtude do grande volume de dados gerados para o bioma Amazônia, que não são suportados pelo Excel.

• FASE 2 - Cálculos das emissões

Os cálculos das emissões foram realizados em ordem cronológica, de acordo com a ocorrência das atividades de degradação e/ou desmatamento, sempre aplicando primeiro as perdas por degradação e, em seguida, as perdas por desmatamento dentro do mesmo ano. Os seguintes passos foram seguidos³⁵:

- **Passo 1:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis em $t0$ (em toneladas de C, ou seja, valores dos estoques em tC/ha já multiplicados pelas áreas (em ha), pelo estoque total e por reservatórios de carbono:

Coluna U: estoque total de C $t0$ $[=S3*T3]$

Coluna V: estoque de C aéreo $t0$ $[=(O3+Q3+R3)*T3]$

Coluna W: estoque de C acima do solo $t0$ $[=O3*T3]$

Passo 2: Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O e outras perdas por degradação em

- 2017:

Coluna X: emissões de C por fogo em terras manejadas

Coluna Y: emissões de CH₄ por fogo em terras manejadas

Coluna Z: emissões de N₂O por fogo em terras manejadas

Coluna AA: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)

Coluna AB: perda de C por fogo em terras não manejadas

Coluna AC: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)

Passo 3: Cálculo dos estoques de carbono remanescentes após degradação em 2017,

- representando os estoques disponíveis para desmatamento em 2017:

Coluna AD: estoque total de C $t1$

Coluna AE: estoque de C aéreo $t1$

Coluna AF: estoque de C acima do solo $t1$

- **Passo 4:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por desmatamento em 2017:
 - Coluna AG: emissões de C por desmatamento
 - Coluna AH: emissões de CH₄ por desmatamento (oriundo de corte e queima)
 - Coluna AI: emissões de N₂O por desmatamento (oriundo de corte e queima)
- **Passo 5:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após 2017, representando os estoques disponíveis para degradação em 2018:
 - Coluna AJ: estoque de C aéreo *t2*
 - Coluna AK: estoque de C acima do solo *t2*

- **Passo 6:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O e outras perdas por degradação em 2018:

- Coluna AL: emissões de C por fogo em terras manejadas
- Coluna AM: emissões de CH₄ por fogo em terras manejadas
- Coluna AN: emissões de N₂O por fogo em terras manejadas
- Coluna AO: Emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
- Coluna AP: perda de C por fogo em áreas não manejadas
- Coluna AQ: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)

³⁵ Consultar arquivo: "P3h_FREL_AMAZONIA_EMITSOES_DESMATAMENTO_1ha-6ha_Cenario3_v20201030.xlsx"

- **Passo 7:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após degradação em 2018, representando os estoques disponíveis para desmatamento em 2018:
 - Coluna AR: estoque total de C *t3*
 - Coluna AS: estoque de C aéreo *t3*
 - Coluna AT: estoque de C acima do solo *t3*
- **Passo 8:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por desmatamento em 2018:
 - Coluna AU: emissões de C por desmatamento
 - Coluna AV: emissões de CH₄ por desmatamento (oriundo de corte e queima)
 - Coluna AW: emissões de N₂O por desmatamento (oriundo de corte e queima)
- **Passo 9:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após 2018, representando os estoques disponíveis para degradação em 2019:
 - Coluna AX: estoque de C aéreo *t4*
 - Coluna AY: estoque de C acima do solo *t4*
- **Passo 10:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por degradação em 2019:
 - Coluna AZ: emissões de C por fogo
 - Coluna BA: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna BB: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna BC: Emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna BD: perda de C por fogo em áreas não manejadas
 - Coluna BE: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)
- **Passo 11:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após degradação em 2019, representando os estoques disponíveis para desmatamento em 2019:

Coluna BF: estoque total de C t_5
Coluna BG: estoque de C aéreo t_5
Coluna BH: estoque de C acima do solo t_5

- **Passo 12:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por desmatamento em 2019:
 - Coluna BI: emissões de C por desmatamento
 - Coluna BJ: emissões de CH₄ por desmatamento (oriundo de corte e queima)
 - Coluna BK: emissões de N₂O por desmatamento (oriundo de corte e queima)

- **Passo 13:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após 2019, representando os estoques disponíveis para degradação em 2020:
 - Coluna BL: estoque de C aéreo t_6
 - Coluna BM: estoque de C acima do solo t_6

- **Passo 14:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por degradação em 2020:
 - Coluna BN: emissões de C por fogo
 - Coluna BO: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna BP: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna BQ: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna BR: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna BS: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)

- **Passo 15:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após degradação em 2020, representando os estoques disponíveis para desmatamento em 2020:
 - Coluna BT: estoque total de C t_7
 - Coluna BU: estoque de C aéreo t_7
 - Coluna BV: estoque de C acima do solo t_7

- **Passo 16:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por desmatamento em 2020:
 - Coluna BW: emissões de C por desmatamento
 - Coluna BX: emissões de CH₄ por desmatamento (oriundo de corte e queima)
 - Coluna BY: emissões de N₂O por desmatamento (oriundo de corte e queima)

- **Passo 17:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após 2020, representando os estoques disponíveis para degradação em 2021:
 - Coluna BZ: estoque de C aéreo t_8
 - Coluna CA: estoque de C acima do solo t_8

- **Passo 18:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em 2021:
 - Coluna CB: emissões de C por fogo
 - Coluna CC: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna CD: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna CE: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna CF: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna CG: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)

- **Passo 19:** Cálculo dos estoques disponíveis após degradação em 2021, representando os estoques disponíveis para desmatamento em 2021:

Coluna CH: estoque total de C t_9
 Coluna CI: estoque de C aéreo t_9
 Coluna CJ: estoque de C acima do solo t_9

- **Passo 20:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O por desmatamento em 2021:
 Coluna CK: emissões de C por desmatamento
 Coluna CL: emissões de CH₄ por desmatamento (oriundo de corte e queima)
 Coluna CM: emissões de N₂O por desmatamento (oriundo de corte e queima)

A tabela a seguir apresenta um exemplo numérico dos cálculos realizados. É importante observar a evolução dos estoques totais de carbono. Em verde: estoques iniciais de carbono total; em azul, estoques de carbono total após eventos de degradação ou não; em amarelo: emissões por desmatamento, cujos valores estão associados aos estoques reduzidos de carbono após degradações anteriores.

Tabela 51 – Exemplo de emissões de GEE para uma área com trajetória que passa por degradação por fogo até desmatamento³⁶

Coluna	Fase, Passo	Atributo	Valor
A	Fase 1	biome	Amazônia
B	Fase 1	main_class	DESMATAMENTO
C	Fase 1	class_name	d2021
D	Fase 1	year	2021
E	Fase 1	deter2017	CQ1
F	Fase 1	deter2018	CQ2
G	Fase 1	deter2019	CQ3
H	Fase 1	deter2020	CQ4
I	Fase 1	deter2021	CQ5
J	Fase 1	status	DETER
K	Fase 1	source_inv	Amazônia
L	Fase 1	phytophysiology	Fs
M	Fase 1	category	F
N	Fase 1	managed_land	t
O	Fase 1	eba_cagb	71,74
P	Fase 1	eba_cbgb	7,17
Q	Fase 1	eba_cdw	5,81
R	Fase 1	eba_clitter	4,14
S	Fase 1	eba_ctotal	88,86
T	Fase 1	area_ha	3,83
U	Fase 2, Passo 1	Estoque total de carbono (t C) - t0	340,18
V	Fase 2, Passo 1	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t0	312,73
W	Fase 2, Passo 1	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t0	274,64
X	Fase 2, Passo 2	Emissões por fogo em 2017 em terras manejadas (tC)	115,09
Y	Fase 2, Passo 2	Emissões por fogo em 2017 em terras manejadas (tCH ₄)	1,67
Z	Fase 2, Passo 2	Emissões por fogo em 2017 em terras manejadas (tN ₂ O)	0,05
AA	Fase 2, Passo 2	Emissões por corte seletivo em 2017 (tC)	0,00
AB	Fase 2, Passo 2	Redução do estoque de carbono por fogo em terras não manejadas em 2017 (tC)	0,00
AC	Fase 2, Passo 2	Redução do estoque de carbono por corte seletivo regular em 2017 (tC)	0,00

AD	Fase 2, Passo 3	Estoque total de carbono (t C) - t1	225,10
AE	Fase 2, Passo 3	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t1	197,65

³⁶ Extraído de: "P3h_FREL_AMAZONIA_EMITSOES_DESMATAMENTO_1ha-6ha_Cenario3_v20201030.xlsx "

Coluna	Fase, Passo	Atributo	Valor
AF	Fase 2, Passo 3	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t1	101,07
AG	Fase 2, Passo 4	Emissões por desmatamento em 2017 (tC)	0,00
AH	Fase 2, Passo 4	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2017 (tCH ₄)	0,00
AI	Fase 2, Passo 4	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2017 (tN ₂ O)	0,00
AJ	Fase 2, Passo 5	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t2	197,65
AK	Fase 2, Passo 5	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t2	101,07
AL	Fase 2, Passo 6	Emissões por fogo em 2018 em terras manejadas (tC)	72,73
AM	Fase 2, Passo 6	Emissões por fogo em 2018 em terras manejadas (tCH ₄)	1,05
AN	Fase 2, Passo 6	Emissões por fogo em 2018 em terras manejadas (tN ₂ O)	0,03
AO	Fase 2, Passo 6	Emissões por corte seletivo em 2018 (tC)	0,00
AP	Fase 2, Passo 6	Redução do estoque de carbono por fogo em terras não manejadas em 2018 (tC)	0,00
AQ	Fase 2, Passo 6	Redução do estoque de carbono por corte seletivo regular em 2018 (tC)	0,00
AR	Fase 2, Passo 7	Estoque total de carbono (t C) - t3	152,36
AS	Fase 2, Passo 7	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t3	124,91
EA	Fase 2, Passo 7	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t3	37,19
AU	Fase 2, Passo 8	Emissões por desmatamento em 2018 (tC)	0,00
AV	Fase 2, Passo 8	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2018 (tCH ₄)	0,00
AW	Fase 2, Passo 8	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2018 (tN ₂ O)	0,00
AX	Fase 2, Passo 9	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t4	124,91
AY	Fase 2, Passo 9	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t4	37,19
AZ	Fase 2, Passo 10	Emissões por fogo em 2019 em terras manejadas (tC)	45,97
BA	Fase 2, Passo 10	Emissões por fogo em 2019 em terras manejadas (tCH ₄)	0,67
BB	Fase 2, Passo 10	Emissões por fogo em 2019 em terras manejadas (tN ₂ O)	0,02
BC	Fase 2, Passo 10	Emissões por corte seletivo em 2019 (tC)	0,00

BD	Fase 2, Passo 10	Redução do estoque de carbono por fogo em terras não manejadas em 2019 (tC)	0,00
BE	Fase 2, Passo 10	Redução do estoque de carbono por corte seletivo regular em 2019 (tC)	0,00

Coluna	Fase, Passo	Atributo	Valor
BF	Fase 2, Passo 11	Estoque total de carbono (t C) - t5	106,39
BG	Fase 2, Passo 11	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t5	78,95
BH	Fase 2, Passo 11	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t5	13,69
BI	Fase 2, Passo 12	Emissões por desmatamento em 2019 (tC)	0,00
BJ	Fase 2, Passo 12	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2019 (tCH ₄)	0,00
BK	Fase 2, Passo 12	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2019 (tN ₂ O)	0,00
BL	Fase 2, Passo 13	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t6	78,95
BM	Fase 2, Passo 13	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t6	13,69
BN	Fase 2, Passo 14	Emissões por fogo em 2020 em terras manejadas (tC)	29,05
BO	Fase 2, Passo 14	Emissões por fogo em 2020 em terras manejadas (tCH ₄)	0,42
BP	Fase 2, Passo 14	Emissões por fogo em 2020 em terras manejadas (tN ₂ O)	0,01
BQ	Fase 2, Passo 14	Emissões por corte seletivo em 2020 (tC)	0,00
BR	Fase 2, Passo 14	Redução do estoque de carbono por fogo em terras não manejadas em 2020 (tC)	0,00
BS	Fase 2, Passo 14	Redução do estoque de carbono por corte seletivo regular em 2020 (tC)	0,00
BT	Fase 2, Passo 15	Estoque total de carbono (t C) - t7	77,34
BU	Fase 2, Passo 15	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t7	49,89
BV	Fase 2, Passo 15	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t7	5,04
BW	Fase 2, Passo 16	Emissões por desmatamento em 2020 (tC)	0,00
BX	Fase 2, Passo 16	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2020 (tCH ₄)	0,00
BY	Fase 2, Passo 16	Emissões por desmatamento pós-fogo em 2020 (tN ₂ O)	0,00
BZ	Fase 2, Passo 17	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t8	49,89
CA	Fase 2, Passo 17	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t8	5,04
CB	Fase 2, Passo 18	Emissões por fogo em 2021 em terras manejadas (tC)	18,36
CC	Fase 2, Passo 18	Emissões por fogo em 2021 em terras manejadas (tCH ₄)	0,27
CD	Fase 2, Passo 18	Emissões por fogo em 2021 em terras manejadas (tN ₂ O)	0,01

CE	Fase 2, Passo 18	Emissões por corte seletivo em 2021 (tC)	0,00
----	---------------------	--	------

Coluna	Fase, Passo	Atributo	Valor
CF	Fase 2, Passo 18	Redução do estoque de carbono por fogo em terras não manejadas em 2021 (tC)	0,00
CG	Fase 2, Passo 18	Redução do estoque de carbono por corte seletivo regular em 2021 (tC)	0,00
CH	Fase 2, Passo 19	Estoque total de carbono (t C) - t9	58,98
CI	Fase 2, Passo 19	Estoque total de carbono aéreo (t C) - t9	31,53
CJ	Fase 2, Passo 19	Estoque de carbono vivo acima do solo (t C) - t9	1,85
CK	Fase 2, Passo 20	Emissões por desmatamento em 2021 (tC)	58,98
CL	Fase 2, Passo 20	Emissões por fogo pós-desmatamento em 2021 (tCH ₄)	0,17
CM	Fase 2, Passo 20	Emissões por fogo pós-desmatamento em 2021 (tN ₂ O)	0,00

- **Passo 21:** Por meio de tabelas dinâmicas, foi calculada a soma das emissões de GEE por atividade de REDD+ considerada e por período anual. Os valores obtidos nesta fase estão expressos em toneladas de C, CH₄ e N₂O.

	A	B	C	D	E	F	G
	Soma de EM por queimada em 2017 (tC) AREAS MANEJADAS	Soma de EM por queimada em 2017 (tCH ₄) AREAS MANEJADAS	Soma de EM por queimada em 2017(tN ₂ O) AREAS MANEJADAS	Soma de EM por CS em 2017 (tC)	Soma de EM por desmatamento 2017 (tC)	Soma de EM por desmatamento em 2017 (tCH ₄)	Soma de EM por desmatamento em 2017 (tN ₂ O)
1							
2	32.376,37	468,42	13,78	1.523,80	10.871.135,25	47.440,38	1.395,31

Figura 38 – Resultados das emissões até o ano de 2017, apresentados por fontes/atividades nos Resultados de Desmatamento

Fonte: elaboração própria

- **Passo 22:** As emissões são convertidas em toneladas de CO₂ equivalente. Esses valores são utilizados no cálculo final, somando-se aos demais resultados, a fim de obter a média de emissões líquidas do bioma em questão. A Figura 39 apresenta um exemplo das emissões em CO₂eq por atividade de REDD+ para o bioma.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Período	Emissões C por desmatamento (tC)	Emissões CH4 por desmatamento (tCH4)	Emissões N2O por desmatamento (tN2O)	Área de desmatamento (ha)		Período	Emissões C por queimada em área manejada (tC)	Emissões CH4 por queimada em área manejada (tCH4)	Emissões N2O por queimada em área manejada (tN2O)	Área de queimada (ha)		Período	Emissões C por corte seletivo irregular (tC)	Área de corte seletivo (ha)
2016-2017	10.871.135,25	47.440,38	1.395,31	94.237,38		2016-2017	32.376,37	468,42	13,78	5.177,04		2016-2017	1.523,80	51.1583
2017-2018	11.349.332,44	50.024,04	1.471,30	97.057,75		2017-2018	6.273,09	90,76	2,67	3.372,97		2017-2018	355,76	15,729
2018-2019	13.418.112,34	58.945,81	1.733,70	113.352,39		2018-2019	14.137,42	204,54	6,02	5.251,09		2018-2019	4.672,03	198,7124
2019-2020	15.341.770,94	67.855,28	1.995,74	129.559,16		2019-2020	20.431,50	295,60	8,69	4.871,09		2019-2020	3.861,93	188,9693
2020-2021	19.565.811,53	86.566,70	2.546,08	162.649,97		2020-2021	1.805,27	26,12	0,77	663,70		2020-2021	4.171,89	181,9592
Período	Emissões CO2 por desmatamento (tCO2e)	Emissões CH4 por desmatamento (tCO2e)	Emissões N2O por desmatamento (tCO2e)			Período	Emissões CO2 por queimada em área manejada (tCO2e)	Emissões CH4 por queimada em área manejada (tCO2e)	Emissões N2O por queimada em área manejada (tCO2e)			Período	Emissões CO2 por corte seletivo irregular (tCO2e)	Área de corte seletivo (ha)
2016-2017	39.860.829,24	1.328.330,55	369.755,88			2016-2017	118.713,36	13.115,87	3.650,95			2016-2017	5.587,26	51,1583
2017-2018	41.614.218,93	1.400.673,22	389.893,28			2017-2018	23.001,32	2.541,27	707,39			2017-2018	1.304,44	15,729
2018-2019	49.199.745,26	1.650.482,64	459.430,57			2018-2019	51.837,21	5.727,16	1.594,22			2018-2019	17.130,79	198,7124
2019-2020	56.253.160,11	1.899.947,92	528.872,06			2019-2020	74.915,49	8.276,93	2.303,98			2019-2020	14.160,40	188,9693
2020-2021	71.741.308,96	2.423.867,66	674.711,06			2020-2021	6.619,33	731,33	203,57			2020-2021	15.296,95	181,9592
Período	Emissões CO2 por desmatamento (tCO2e)					Período	Emissões CO2 por queimada em área manejada (tCO2e)							
2016-2017	41.558.915,68					2016-2017	135.480,18							
2017-2018	43.404.785,43					2017-2018	26.249,97							
2018-2019	51.309.658,46					2018-2019	59.158,58							
2019-2020	58.681.980,09					2019-2020	85.496,40							
2020-2021	74.839.887,68					2020-2021	7.554,23							

Figura 39 – Resultados das emissões por desmatamento bruto

Fonte: elaboração própria

8.4.2. Resultado de degradação – Bioma Amazônia

• FASE 1 - Operações SIG

A primeira fase envolve diversas “operações georreferenciadas” utilizando ferramentas SIG, com o objetivo de consolidar todos os dados de atividades de degradação. Como resultado, foi obtida uma planilha contendo as informações apresentadas na **Tabela 52**. Cada linha da planilha representa um grupo de polígonos com as mesmas características, com exceção da área (hectares). A área representa a soma dos polígonos individuais. Tal agregação foi necessária em virtude do grande volume de dados.

Tabela 52 – Principais parâmetros de resultado de degradação na Amazônia

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
Biome	Classificação do bioma: Amazônia	n/a	A	IBGE, 2019
main_class	Classificação da atividade de REDD+: "DEGRAD" (degradação)	n/a	B	DETER
deter2017	Classificação da degradação no ano correspondente: - Fogo ("cicatriz de queimada") - Corte seletivo desordenado ("CS") - Corte seletivo geométrico ("CSR")	n/a	C	
deter2018		n/a	D	
deter2019		n/a	E	
deter2020		n/a	F	
deter2021		n/a	G	
status			H	
source_inv	Classificação do bioma correspondente no 4º de GEE	n/a	I	4º Inventário Nacional de GEE
Phytophysiology	Fitofisionomias de vegetação pretérita	n/a	J	
category	Categoria de vegetação: Floresta (F)	n/a	K	
Managed_land	Indica se o polígono está situado em área manejada ("t" = verdadeiro) ou não ("f" = falso)		L	

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
EBA_cagb	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono na biomassa acima do solo	tC/ha	M	EBA
EBA_cbgb	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono na biomassa abaixo do solo	tC/ha	N	
EBA_cdw	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono em madeira morta	tC/ha	O	
EBA_clitter	Conteúdo de carbono – reservatório de carbono em serapilheira	tC/ha	P	
EBA_ctotal	Carbono total	tC/ha	Q	
area_ha	Área do polígono	ha	R	Estimativas próprias

Fonte: Planilha eletrônica “1c_Amazon_Emissions_Output_Degradation.xls”

• FASE 2 - Cálculos das emissões

Os cálculos das emissões foram realizados em ordem cronológica, de acordo com a ocorrência dos processos de degradação (fogo e/ou corte seletivo desordenado). Os seguintes passos foram seguidos³⁷:

- **Passo 1:** Cálculo dos estoques de carbono disponível em $t0$ (toneladas de C, ou seja, valores dos estoques em tC/ha já multiplicados pelas áreas (em ha), pelo estoque total e por reservatórios de carbono:
 - Coluna S: estoque total de C $t0$
 - Coluna T: estoque de C aéreo $t0$
 - Coluna U: estoque de C acima do solo $t0$
- **Passo 2:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em áreas de florestas manejadas ou corte seletivo desordenado (CS) em 2017:
 - Coluna V: emissões de C por fogo em terras manejadas
 - Coluna W: emissões de CH₄ por fogo em terras manejadas
 - Coluna X: emissões de N₂O por fogo em terras manejadas
 - Coluna Y: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna Z: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna AA: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)
- **Passo 3:** Cálculo dos estoques de carbono remanescentes após os processos de degradação em 2017, definindo os estoques de carbono disponíveis para degradação potencial em 2018:
 - Coluna AB: estoque de C aéreo $t1$
 - Coluna AC: estoque de C acima do solo $t1$

³⁷ Consultar arquivo: “1c_Amazon_Emissions_Output_Degradation.xls”

- **Passo 4:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em áreas de florestas manejadas ou corte seletivo desordenado (CS) em 2018:
 - Coluna AD: emissões de C por fogo
 - Coluna AE: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna AF: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna AG: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna AH: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna AI: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)
- **Passo 5:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após os processos de degradação em 2018, definindo os estoques de carbono disponíveis para degradação potencial em 2019:
 - Coluna AJ: estoque de C aéreo *t*₂
 - Coluna AK: estoque de C acima do solo *t*₂
- **Passo 6:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em áreas de florestas manejadas ou corte seletivo desordenado (CS) em 2019:
 - Coluna AL: emissões de C por fogo
 - Coluna AM: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna AN: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna AO: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna AP: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna AQ: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)
- **Passo 7:** Cálculo dos estoques de carbono remanescente após a degradação em 2019, definindo os estoques de carbono disponíveis para degradação potencial em 2020:
 - Coluna AR: estoque de C aéreo *t*₃
 - Coluna AS: estoque de C acima do solo *t*₃
- **Passo 8:** Cálculo das emissões de C, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em áreas de florestas manejadas ou corte seletivo desordenado (CS) em 2020:
 - Coluna AT: emissões de CO₂ por fogo
 - Coluna AU: emissões de CH₄ por fogo
 - Coluna AV: emissões de N₂O por fogo
 - Coluna AW: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)
 - Coluna AX: perda de C por fogo em terras não manejadas
 - Coluna AY: perda de C por corte seletivo geométrico (CSR)
- **Passo 9:** Cálculo dos estoques de carbono disponíveis após os processos de degradação em 2020, definindo os estoques de carbono disponíveis para degradação potencial em 2021:
 - Coluna AZ: estoque de C aéreo *t*₄
 - Coluna BA: estoque de C acima do solo *t*₄
- **Passo 10:** Cálculo das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes de degradação por fogo em florestas manejadas ou corte seletivo desordenado (CS) em 2021:
 - Coluna BB: emissões de CO₂ por fogo
 - Coluna BC: emissões de CH₄ por fogo

Coluna BD: emissões de N₂O por fogo

Coluna BE: emissões de C por corte seletivo desordenado (CS)

- **Passo 11:** Por meio de tabelas dinâmicas, foram calculadas as somas das emissões de GEE. Os valores obtidos nesta fase estão expressos toneladas de C, CH₄ e N₂O.
- **Passo 12:** As emissões são convertidas em toneladas de CO₂ equivalente. Esses valores serão utilizados no cálculo final e somados aos demais resultados, a fim de obter a média de emissões líquidas do bioma.

8.4.3. Emissão líquida de GEE – Bioma Amazônia³⁸

- FASE 3 - Remoções por uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”
 - **Passo 1:** O uso e cobertura da terra a partir de dados do TerraClass foi coletado e restrito aos limites do bioma Amazônia, pois os dados originais abrangem uma área maior da Amazônia Legal (com exceção dos dados de 2020, que são originalmente restritos ao bioma). Foi calculada a área total por uso da terra e por ano.

Tabela 53: Uso e cobertura da terra dentro do bioma Amazônia, de acordo com a série temporal TerraClass (ha)

Classes	2004	2008	2010	2012	2014	2020
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_PRIMARIA	316.619.085,7	313.729.326,5	313.158.305,5	312.835.168,20	312.555.351,7	307.858.310,87
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_SECUNDARIA	9.713.998,5	14.131.179,9	15.689.831,9	15.813.803,4	16.223.285,9	16.022.788,96
SILVICULTURA	36.160,5	52.930,4	74.125,34	63.554,82	59.396,93	316.843,35
PASTAGEM_CULTIVADA_ARBUSTIVA	5.339.569,4	5.100.809,8	4.134.293,6	3.058.982,9	3.292.535,7	13.305.461,11
PASTAGEM_CULTIVADA_HERBACEA	5.991.620,6	5.702.913,8	5.973.943,9	5.868.828,7	6.930.572,8	37.044.769,55
CULTURA_AGRICOLA_PERENE	272,27	26.893,3	28.533,92	12.919,19	26.806,84	353.355,78
CULTURA_AGRICOLA_SEMIPERENE	1.778,49	10.963,8	12.316,93	12.493,08	13.265,00	135.499,04
CULTURA_AGRICOLA_TEMPORARIA	19.645,5	60.316,1	115.639,5	176.439,9	320.215,8	757.626,24
CULT. AGRICOLA TEMP. > DE 1 CICLO						4.868.995,20
MINERACAO	18.990,8	15.749,1	21.977,19	26.847,14	34.279,45	205.276,33
URBANIZADA	27.150,1	41.421,2	46.543,53	60.300,91	79.009,44	477.211,62
OUTROS	214.066,0	30.495,5	88.836,47	206.297,1	323.343,4	
NAO_OBSERVADA	2.021.291,0	1.744.766,5	1.448.624,9	2.805.258,4	1.159.399,5	
DESFLORESTAMENTO_NO_ANO	1.063.040,3	418.904,4	273.696,9	125.777,2	49.216,60	1.035.450,98
NAO_FLORESTA	28.025.227,2	28.025.228,0	28.025.227,5	28.025.227,4	28.025.224,3	27.971.576,78
CORPOS_DAGUA	580.292,2	580.290,1	580.291,7	580.290,6	580.285,6	11.279.265,35
TOTAL	369.672.189,2	369.672.189,2	369.672.189,2	369.672.189,2	369.672.189,2	421.632.431,16
TOTAL desmatado	22.426.292,9	25.592.577,9	26.459.739,4	25.426.244,5	27.351.927,9	74.523.278,16

OBS: Linhas amareladas indicam classes “pós-evento de desmatamento”

Fonte: TerraClass

- **Passo 2:** Foi determinada uma participação média por classe de uso e cobertura da terra, considerando os anos mais recentes da série temporal: 2014 e 2020.

Tabela 54: Distribuição do uso e cobertura da terra na Amazônia, de acordo com a série temporal TerraClass %

Classes	2004	2008	2010	2012	2014	2020	Participação média
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_SECUNDARIA	0,4	0,5	0,59	0,62	0,59	0,22	40,41%
SILVICULTURA	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32%
PASTAGEM_CULTIVADA_ARBUSTIVA	0,2	0,2	0,16	0,1	0,12	0,18	14,95%
PASTAGEM_CULTIVADA_HERBACEA	0,2	0,2	0,23	0,23	0,25	0,50	37,52%
CULTURA_AGRICOLA_PERENE	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,29%
CULTURA_AGRICOLA_SEMIPERENE	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12%
CULTURA_AGRICOLA_TEMPORARIA de 1 CICLO	0,0	0,0	0,00	0,01	0,01	0,08	4,36%
MINERACAO	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,20%
URBANIZADA	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,46%
OUTROS	0,0	0,0	0,00	0,0	0,01	0,00	0,59%
DESFLORESTAMENTO_NO_ANO	0,0	0,0	0,01	0,00	0,00	0,01	0,78%
TOTAL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: TerraClas

2722

○ **Passo 3:** As áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” foram definidas aplicando-se a participação média obtida nos passos anteriores ao incremento do desmatamento de 2016-2017 a 2020-2021:

Tabela 55: Áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” no bioma Amazônia

Classes	Proporção do uso da terra (%)	Uso da terra pós-desmatamento (ha)				
		2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_SECUNDARI	40,41%	309.956,6	319.006,8	477.189,9	469.342,6	557.029,2
SILVICULTURA	0,32%	2.463,6	2.535,5	3.792,8	3.730,4	4.427,4
PASTAGEM_CULTIVADA_ARBUSTIVA	14,95%	114.648,6	117.996,1	176.505,8	173.603,2	206.037,2
PASTAGEM_CULTIVADA_HERBACEA	37,52%	287.841,4	296.245,8	443.142,6	435.855,2	517.285,4
CULTURA_AGRICOLA_PERENE	0,29%	2.194,5	2.258,6	3.378,5	3.323,0	3.943,8
CULTURA_AGRICOLA_SEMIPERENE	0,12%	883,4	909,2	1.360,0	1.337,6	1.587,5
CULTURA_AGRICOLA_TEMPORARIA e 1 CICLO	4,36%	33.448,5	34.425,2	51.495,3	50.648,5	60.111,0
MINERACAO	0,20%	1.537,2	1.582,1	2.366,5	2.327,6	2.762,5
URBANIZADA	0,46%	3.564,0	3.668,0	5.486,9	5.396,6	6.404,9
OUTROS	0,59%	4.534,1	4.666,5	6.980,4	6.865,7	8.148,4
DESFLORESTAMENTO_NO_ANO	0,78%	6.019,3	6.195,0	9.266,9	9.114,5	10.817,3
TOTAL		767.091,10	789.488,82	1.180.965,48	1.161.544,90	1.378.554,45

Fonte: estimativas próprias

○ **Passo 4:** Os dados de atividade obtidos no Passo 3 foram multiplicados por fatores de emissão específicos para as categorias de uso da terra “agricultura” e “pastagem”. Os resultados são apresentados em toneladas de carbono em um ano.

Tabela 56: Remoções por ano em áreas de uso/cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” - bioma Amazônia (tC)

Classes	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_SECUNDARIA	IE	IE	IE	IE	IE
SILVICULTURA	NA	NA	NA	NA	NA
PASTAGEM_CULTIVADA_ARBUSTIVA	1146485,7	1.179.961,1	1.765.057,7	1.736.031,9	2.060.371,
PASTAGEM_CULTIVADA_HERBACEA	2878413,7	2.962.458,4	4.431.425,8	4.358.552,5	5.172.853,
CULTURA_AGRICOLA_PERENE	1997,0	2.055,3	3.074,5	3.023,9	3.588,8
CULTURA_AGRICOLA_SEMIPERENE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CULTURA_AGRICOLA_TEMPORARIA e 1 CICLO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MINERACAO	NA	NA	NA	NA	NA

URBANIZADA	NA	NA	NA	NA	NA
OUTROS	NA	NA	NA	NA	NA
DESFLORESTAMENTO_NO_ANO	NA	NA	NA	NA	NA

Fonte: Estimativas próprias

- **Passo 5:** Os resultados do Passo 4 foram convertidos em CO₂ e multiplicados pelo número de anos até o fim da série temporal para “agricultura perene”, pois deve ser considerado um incremento anual.

Tabela 57: Remoções anuais em áreas de uso/cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” - bioma Amazônia (tCO₂)

Classes	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
VEGETACAO_NATURAL_FLORESTAL_SECUNDARIA	IE	IE	IE	IE	IE
SILVICULTURA	NA	NA	NA	NA	NA
PASTAGEM_CULTIVADA_ARBUSTIVA	1.146.485,7	1.179.961,1	1.765.057,7	1.736.031,9	2.060.371,9
PASTAGEM_CULTIVADA_HERBACEA	2.878.413,7	2.962.458,4	4.431.425,8	4.358.552,5	5.172.853,8
CULTURA_AGRICOLA_PERENE	1.997,0	2.055,3	3.074,5	3.023,9	3.588,8
CULTURA_AGRICOLA_SEMIPERENE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CULTURA_AGRICOLA_TEMPORARIA e 1 CICLO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MINERACAO	NA	NA	NA	NA	NA
URBANIZADA	NA	NA	NA	NA	NA
OUTROS	NA	NA	NA	NA	NA
DESFLORESTAMENTO_NO_ANO	NA	NA	NA	NA	NA

Fonte: Estimativas próprias

- **Passo 6:** As remoções por classe são somadas por ano.

Tabela 58: Remoções por uso da terra pós-desmatamento, por ano – bioma Amazônia (tCO₂)

Ano base	Remoções do ano base até 2021 (tCO ₂ eq)
2016-2017	14.794.576,16
2017-2018	15.219.015,98
2018-2019	22.754.258,28
2019-2020	22.368.984,50
2020-2021	26.534.986,63

Fonte: Estimativas próprias

• FASE 4 – Emissões líquidas

- **Passo 1:** Cálculo da emissão líquida anual de GEE: soma das emissões brutas de GEE por desmatamento e degradação, subtraídas as remoções por uso da terra “pós-evento de desmatamento”
- **Passo 2:** Cálculo da média das emissões líquidas anuais no período

8.5. Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE no bioma Cerrado

Na sequência, são apresentados os procedimentos operacionais utilizados para estimar as emissões de GEE por desmatamento e as remoções pelo crescimento da regeneração natural de florestas no bioma Cerrado, com base na abordagem metodológica descrita na página 54.

8.5.1. Resultado de desmatamento – Bioma Cerrado

- FASE 1 - Operações SIG

A primeira fase compreende diversas operações espaciais utilizando ferramentas SIG, no intuito de consolidar todos os diferentes dados de atividade de desmatamento. Como resultado, foi obtida uma planilha contendo as informações apresentadas na

Tabela 59. Cada linha da planilha representa um único polígono de desmatamento.

Tabela 59 – Principais parâmetros de resultado de degradação no Cerrado

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
fid		n/a	A	
Biome	Classificação do bioma: Cerrado	n/a	B	IBGE, 2019
UF	Unidade político-administrativa do Brasil	n/a	C	
main_class	Atividade de REDD+	n/a	D	PRODES
Class_name	Classificação da atividade de REDD+/ano		E	
year	Ano de mapeamento	n/a	F	
Image_date	Data da imagem de cada polígono	n/a	G	
source_inv	Classificação do bioma correspondente no 4º Inventário Nacional de GEE	n/a	H	4º Inventário Nacional de GEE
phytophysiognomy	Fitofisionomias de vegetação pretérita	n/a	I	
Category	Categoria de uso da terra: Floresta (F)	n/a	J	
rr_cagb	Estoque de carbono acima do solo	tC/ha	K	
rr_cbgb	Estoque de carbono abaixo do solo	tC/ha	L	
rr_cdw	Estoque de carbono em madeira	tC/ha	M	
rr_clitter	Estoque de carbono em serapilheira	tC/ha	N	
rr_ctotal	Estoque total de carbono	tC/ha	O	
Area_ha	Área do polígono	ha	P	Cálculos próprios

• FASE 2 - Cálculos das emissões

- **Passo 1:** Cálculo de C e N₂O por desmatamento:
Coluna Q: emissões de C por desmatamento
Coluna R: emissões de CO₂ por desmatamento
- **Passo 2:** Cálculo da massa de combustível disponível para combustão por fogo no desmatamento tipo “corte e queima”
Coluna S: estoque de C acima do solo
- **Passo 3:** Cálculo das emissões de CH₄ e N₂O proveniente de desmatamento por “corte e queima”:

Coluna T: emissões de CH₄ por desmatamento
Coluna U: emissões de N₂O por desmatamento

- **Passo 4:** Por meio de tabelas dinâmicas, são calculadas as somas das emissões por ano e por GEE. Os valores obtidos nesta etapa estão expressos em toneladas de CO₂, toneladas de CH₄ e toneladas de N₂O.

- **Passo 5:** As emissões são convertidas em toneladas de CO₂ equivalente. Esses valores serão utilizados no cálculo final e somados aos demais resultados, a fim de obter a emissão líquida média para o bioma.

8.5.2. Emissão líquida de GEE – Bioma Cerrado

- FASE 3 - Remoções por uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”
- **Passo 1:** Foi coletado o uso e cobertura da terra a partir do Programa de mapeamento TerraClass.

Tabela 60: Uso e cobertura da terra dentro do bioma Cerrado, de acordo com a série temporal TerraClass (ha)

Classes	2018	2020
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	1.007.505,67	991.320,54
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	95.112,04	85.298,02
SILVICULTURA	36.636,64	35.793,30
PASTAGEM	588.751,56	598.793,91
AGRICULTURA PERENE	12.067,89	13.114,32
AGRICULTURA SEMIPERENE	58.300,63	55.724,27
AGRICULTURA TEMPORÁRIA 1 CICLO	57.901,73	48.549,10
AGRICULTURA TEMPORÁRIA > 1 CICLO	146.327,91	172.755,54
MINERACAO	463,31	519,05
URBANIZADA	9281,40	9.479,27
OUTRAS ÁREAS EDIFICADAS	3.279,30	3.329,16
OUTROS USOS	509,64	713,07
NÃO OBSERVADO	0,14	34,89
DESFLORESTAMENTO NO ANO	6.638,11	7.341,14
CORPOS D'ÁGUA	17.005,35	17.015,75
TOTAL	2.039.781,32	2.039.781,33
TOTAL desmatado	1.015.270,16	1.031.410,15

OBS: Linhas amareladas indicam classes “pós-evento de desmatamento”

Fonte: TerraClass

- **Passo 2:** Foi determinada uma distribuição média por classe de uso e cobertura da terra, considerando os anos mais recentes da série temporal: 2018 e 2020.

Tabela 61: Distribuição do uso e cobertura da terra no Cerrado, de acordo com a série temporal TerraClass (%)

Classes	2018	2020	Participação média 2018-2020 (%)
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	0,09	0,08	8,82%
SILVICULTURA	0,04	0,03	3,54%
PASTAGEM	0,58	0,58	58,02%
AGRICULTURA PERENE	0,01	0,01	1,23%
AGRICULTURA SEMIPERENE	0,06	0,05	5,57%
AGRICULTURA TEMPORÁRIA 1 CICLO	0,06	0,05	5,21%
AGRICULTURA TEMPORÁRIA > 1	0,14	0,17	15,58%
MINERACAO	0,00	0,00	0,05%
URBANIZADA	0,01	0,01	0,92%
OUTRAS ÁREAS EDIFICADAS	0,00	0,00	0,32%
OUTROS USOS	0,00	0,00	0,06%
DESFLORESTAMENTO NO ANO	0,01	0,01	0,68%
TOTAL	1,00	1,00	1,00

Fonte: TerraClass

- **Passo 3:** As áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” foram estimadas utilizando a distribuição definida no passo 2:

Tabela 62: Áreas de uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” no bioma Cerrado

Classe	Proporção do uso da terra (%)	Uso da terra pós-desmatamento (ha)				
		2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	8,82%	50.266,02	48.576,39	43.594,15	53.185,50	55.820,19
SILVICULTURA	3,54%	20.173,70	19.495,58	17.496,02	21.345,40	22.402,80
PASTAGEM	58,02%	330.711,07	319.594,64	286.815,42	349.918,97	367.253,17
AGRICULTURA PERENE	1,23%	7.010,98	6.775,32	6.080,41	7.418,19	7.785,67
AGRICULTURA SEMIPERENE	5,57%	31.761,76	30.694,13	27.545,98	33.606,50	35.271,29
AGRICULTURA TEMPORÁRIA 1 CICLO	5,21%	29.667,25	28.670,02	25.729,48	31.390,34	32.945,35
AGRICULTURA TEMPORÁRIA > 1 CICLO	15,58%	88.807,16	85.822,02	77.019,69	93.965,13	98.619,95
MINERACAO	0,05%	273,47	264,27	237,17	289,35	303,68
URBANIZADA	0,92%	5.224,44	5.048,83	4.530,99	5.527,88	5.801,72
OUTRAS ÁREAS EDIFICADAS	0,32%	1.840,36	1.778,49	1.596,08	1.947,25	2.043,71
OUTROS USOS	0,06%	340,08	328,65	294,94	359,83	377,66
DESFLORESTAMENTO NO ANO	0,68%	3.891,70	3.760,88	3.375,15	4.117,73	4.321,71
TOTAL	100,00%	569.967,98	550.809,22	494.315,49	603.072,06	632.946,89

Fonte: *Estimativas próprias*

- **Passo 4:** Os dados de atividade obtidos no Passo 3 foram multiplicados por fatores de emissão específicos para as classes de uso e cobertura da terra “agricultura” e “pastagem”. Os resultados são apresentados em toneladas de carbono para um ano.

Tabela 63: Remoções anuais em áreas de uso/cobertura da terra “pós-evento de desmatamento” - bioma Cerrado (tC)

Classe	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	IE	IE	IE	IE	IE
SILVICULTURA	NA	NA	NA	NA	NA
PASTAGEM	2.503.482,8	2.419.331,4	2.171.192,8	2.648.886,6	2.780.106,5
AGRICULTURA PERENE	18.228,6	17.615,8	15.809,1	19.287,3	20.242,7
AGRICULTURA SEMIPERENE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

AGRICULTURA TEMPORÁRIA 1 CICLO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AGRICULTURA TEMPORÁRIA > 1 CICLO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MINERACAO	NA	NA	NA	NA	NA
URBANIZADA	NA	NA	NA	NA	NA
OUTRAS ÁREAS EDIFICADAS	NA	NA	NA	NA	NA
OUTROS USOS	NA	NA	NA	NA	NA
DESFLORESTAMENTO NO ANO	NA	NA	NA	NA	NA

Fonte: Estimativas próprias

- **Passo 5:** Os resultados foram convertidos em CO₂ e multiplicados pelo número de anos até que o final da série temporal, quando apropriado (agricultura perene), uma vez que deve ser considerado um incremento anual.

Tabela 64: Remoções anuais em áreas de uso e cobertura da terra "pós-evento de desmatamento" – bioma Cerrado (tCO₂)

Classe	2016-2017 a 2021	2017-2018 a 2021	2018-2019 a 2021	2019-2020 a 2021	2020-2021
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	IE	IE	IE	IE	IE
SILVICULTURA	NA	NA	NA	NA	NA
PASTAGEM	9179437,1	8.870.881,9	7.961.040,1	9.712.584	10.193.723
AGRICULTURA PERENE	334190,2	258.365,5	173.899,7	141.440,7	74.223,3
AGRICULTURA SEMIPERENE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AGRICULTURA TEMPORÁRIA 1 CICLO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AGRICULTURA TEMPORÁRIA > 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MINERACAO	NA	NA	NA	NA	NA
URBANIZADA	NA	NA	NA	NA	NA
OUTRAS ÁREAS EDIFICADAS	NA	NA	NA	NA	NA
OUTROS USOS	NA	NA	NA	NA	NA
DESFLORESTAMENTO NO ANO	NA	NA	NA	NA	NA

Fonte: Estimativas próprias

- **Passo 6:** As remoções por classe foram somadas por ano.

Tabela 65: Remoções por uso da terra pós-desmatamento, por ano – bioma Cerrado (tCO₂)

<i>Ano base</i>	<i>Remoções por uso da terra pós-desmatamento (tCO₂eq)</i>
2016-2017	9.513.627,3
2017-2018	9.129.247,4
2018-2019	8.134.939,8
2019-2020	9.854.024,4
2020-2021	10.267.947,2

Fonte: Estimativas próprias

• FASE 4 – Consolidação dos resultados

- **Passo 1:** Cálculo da emissão líquida anual de GEE: soma das emissões brutas de GEE por desmatamento, subtraídas as remoções por uso e cobertura da terra “pós-evento de desmatamento”
- **Passo 2:** Cálculo da média das emissões líquidas anuais no período

8.6. Descrição detalhada das estimativas das emissões/remoções de GEE nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal

• FASE 1 - Operações SIG

A primeira fase compreende diversas operações espaciais utilizando ferramentas SIG, no intuito de consolidar todos os diferentes dados de atividade de desmatamento. Como resultado, foi obtida uma planilha contendo as informações apresentadas na **Tabela 66**. Cada linha da planilha representa um único polígono de desmatamento.

Tabela 66 – Principais parâmetros de resultado de desmatamento nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal

Nome da variável	Descrição	Unidade	Coluna da planilha	Fonte
fid		n/a	A	
Biome	Classificação do bioma	n/a	B	IBGE, 2019
main_class	Atividade de REDD+	n/a	C	PRODES
Ano	Ano de mapeamento	n/a	D	
Image_date	Data da imagem de cada polígono	n/a	E	
source_inv	Classificação do bioma correspondente no 4º Inventário Nacional de GEE	n/a	F	4º Inventário Nacional de GEE
phytophysiology	Fitofisionomias de vegetação pretérita	n/a	G	
Category	Categoria de uso da terra: Floresta (F)	n/a	H	
rr_cagb	Estoque de carbono acima do solo	tC/ha	I	
rr_cbgb	Estoque de carbono abaixo do solo	tC/ha	J	
rr_cdw	Estoque de carbono em madeira morta	tC/ha	K	
rr_clitter	Estoque de carbono em serapilheira	tC/ha	L	
rr_ctotal	Estoque total de carbono	tC/ha	M	Cálculos próprios
Area_ha	Área do polígono	ha	N	

• FASE 2 - Cálculos das emissões

- **Passo 1:** Cálculo de C e C₂O por desmatamento:
 - Coluna Q: emissões de C por desmatamento
 - Coluna R: emissões de CO₂ por desmatamento
- **Passo 2:** Por meio de tabelas dinâmicas, são calculadas as somas das emissões por ano e por GEE. Os valores obtidos nesta etapa estão expressos em toneladas de CO₂, toneladas de CH₄ e toneladas de N₂O.
- **Passo 3:** As emissões são convertidas em toneladas de CO₂. Esses valores serão utilizados no cálculo final, somados aos demais resultados, a fim de obter a média de emissões líquidas do bioma.

• FASE 4 – Consolidação dos resultados

- **Passo 1:** Cálculo das emissões brutas de CO₂ por período a partir da soma das emissões individuais por polígono
- **Passo 2:** Cálculo da média das emissões brutas no período e por bioma

8.7. Descrição detalhada da estimativa do FREL nacional

8.7.1. Descrição detalhada das estimativas das emissões por desmatamento e degradação florestal em todos os biomas

- **Passo 1:** Cálculo das emissões médias anuais por bioma em toneladas de CO₂eq/ano

Tabela 67 – Emissões médias anuais por bioma, em toneladas de CO₂eq

Período	Amazônia	Cerrado	Mata Atlântica	Caatinga	Pampa	Pantanal
2016-2017	386.233.770,2	96.661.574,9	36.434.019,1	28.318.171,7	3.629.784,8	7.296.713,0
2017-2018	360.736.030,8	95.638.781,8	45.100.212,6	25.191.250,3	3.798.003,8	5.101.430,6
2018-2019	557.822.417,6	83.307.156,0	39.463.223,9	23.870.541,0	3.574.669,2	4.684.070,2
2019-2020	565.496.222,9	101.899.817,5	23.544.177,1	28.416.932,6	3.460.472,4	5.655.515,5
2020-2021	657.287.904,2	107.736.328,6	28.761.217,9	25.414.848,6	5.850.601,6	7.446.456,2
Emissões médias anuais	505.515.269,17	97.048.731,80	34.660.570,13	26.242.348,86	4.062.706,40	6.036.837,15

Fonte: Estimativas próprias

- **Passo 2:** Soma dos valores médios dos biomas, a qual foi considerada o FREL nacional do Brasil

Tabela 68: FREL nacional como a soma dos valores médios dos biomas

Bioma	Médias das emissões (tCO ₂ eq)	%	Tipo
Amazônia	505.515.269,17	75%	Emissões líquidas
Cerrado	97.048.731,8	14%	
Mata Atlântica	34.660.570,1	5%	Emissões brutas
Caatinga	26.242.348,8	4%	
Pampa	4.062.706,40	1%	
Pantanal	6.036.837,15	1%	
(soma)	673.566.463,52		

Fonte: Estimativas próprias

8.7.2. Descrição detalhada das estimativas de AECF no bioma Amazônia

a. Remoções de 2014 a 2020

Passo 1: A partir dos dados do TerraClass, a área total de vegetação secundária foi coletada para os anos relevantes - 2014 e 2020:

- Área total de VS em 2014: 16.031.974 ha
- Área total de VS em 2020: 15.803.678 ha

Passo 2: Aplicou-se interpolação linear para estimar a perda anual de área total de VS: 38.049 ha/ano

Passo 3: As estimativas de remoções anuais de carbono foram obtidas multiplicando-se a área de VS remanescente em cada ano pelo fator de emissão de 3,03 tC/ha. Os resultados foram convertidos em CO₂ multiplicando-se os resultados anteriores pelo fator 44/12.

Tabela 69: Remoções anuais pela regeneração da vegetação secundária

Ano	Área total de VS	Remoção (tC)	Remoção (tCO ₂)
2014	16.031.974,05	- 48.576.881,37	- 178.115.231,68
2015	15.993.924,76	- 48.461.592,02	- 177.692.504,07
2016	15.955.875,47	- 48.346.302,67	- 177.269.776,47
2017	15.917.826,18	- 48.231.013,33	- 176.847.048,87
2018	15.879.776,89	- 48.115.723,98	- 176.424.321,26
2019	15.841.727,60	- 48.000.434,63	- 176.001.593,66
2020	15.803.678,31	- 47.885.145,29	- 175.578.866,06

Fonte: Estimativas próprias

b. Emissões por vegetação secundária (VS) de 2015 a 2021

- **Passo 1:** Por meio da combinação espacial dos mapas de VS dos anos de 2014 e 2020, foi estimada a área de VS perdida no período. Para os polígonos de VS ocorridos em 2014, a idade foi obtida por meio de operações espaciais que permitiram combinar toda a série temporal TerraClass, de 2004 até 2014. A tabela síntese obtida como resultado das análises espaciais é apresentada a seguir.

Tabela 70: Tabela síntese apresentando a VS em 2014, com a respectiva idade e situação em 2020 (persistência ou perda)

Ano em que a VS presente em 2014 foi detectada pela primeira vez	Idade da VS em 2014	Perda de VS (VS loss) ou persistência (VS2020) de 2014 a 2020	Área (ha)
2014	1	VS2020	1.941.703,11
2014	1	VS loss	3.218.005,89
2012	2	VS2020	666.324,64
2012	2	VS loss	908.985,57
2010	4	VS2020	653.405,23

2010	4	VS loss	737.165,84
2008	6	VS2020	1.756.425,63
2008	6	VS loss	1.709.416,34
2004	10	VS2020	2.793.397,20
2004	10	VS loss	1.647.144,61
		VS2020	7.992.422,52

Fonte: Estimativas próprias

Com base na tabela acima, a área total de VS perdida em 2020 foi estimada, por categoria de idade:

Tabela 71: Área de VS perdida em 2020, por categoria de idade

Idade da VS em 2014 (anos)	Área de VS perdida em 2020
10	1.647.144,61
6	1.709.416,34
4	737.165,84
2	908.985,57
1	3.218.005,89

Fonte: Estimativas próprias

Passo 2: Foi realizada interpolação linear para definir a perda anual de VS entre 2015 e 2020, por idade:

Tabela 72 – Interpolação linear para definir a perda anual da área de VS, de 2015 a 2020

Idade da VS em 2014	Área de VS perdida (ha)						Total (ha)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
10	274.524,10	274.524,10	274.524,10	274.524,10	274.524,10	274.524,10	1.647.144,61
6	284.902,72	284.902,72	284.902,72	284.902,72	284.902,72	284.902,72	1.709.416,34
4	122.860,97	122.860,97	122.860,97	122.860,97	122.860,97	122.860,97	737.165,84
2	151.497,60	151.497,60	151.497,60	151.497,60	151.497,60	151.497,60	908.985,57
1	536.334,32	536.334,32	536.334,32	536.334,32	536.334,32	536.334,32	3.218.005,89

Fonte: Estimativas próprias

Passo 3: Considerando a informação sobre a idade da VS em 2014, foi determinada a idade da VS nos anos subsequentes:

Tabela 73: Idade da VS no ano do evento de perda, de 2015 a 2020

Idade da VS em 2014	Idade no evento de perda (anos)					
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
10	11	12	13	14	15	16
6	7	8	9	10	11	12
4	5	6	7	8	9	10
2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7

Fonte: Estimativas próprias

Passo 4: Multiplicando-se os valores das duas tabelas anteriores - perda de área de VS em cada ano e sua idade - pelo fator de remoção de 3,03 tC/ha ano, foram estimadas as

emissões anuais por perda de VS:

Tabela 74: Emissões de carbono por perda anual de VS, de 2015 a 2020

Idade da VS em 2014	Perda de estoque de VS (tC)					
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
10	9.149.888,28	9.981.696,31	10.813.504,33	11.645.312,36	12.477.120,39	13.308.928,41
6	6.042.786,77	6.906.042,02	7.769.297,27	8.632.552,53	9.495.807,78	10.359.063,03
4	1.861.343,75	2.233.612,50	2.605.881,24	2.978.149,99	3.350.418,74	3.722.687,49
2	1.377.113,14	1.836.150,86	2.295.188,57	2.754.226,29	3.213.264,00	3.672.301,71
1	3.250.185,95	4.875.278,92	6.500.371,90	8.125.464,87	9.750.557,85	11.375.650,82

Fonte: Estimativas próprias

Passo 5: Conversão das emissões de carbono em CO₂ pela multiplicação dos resultados anteriores pelo fator 44/12.

Tabela 75: Emissões de CO₂ por perda anual de VS, de 2015 a 2020

Idade da VS em 2014	Perda de estoque de VS (tCO ₂)					
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
10	33.549.590,37	36.599.553,13	39.649.515,89	42.699.478,65	45.749.441,41	48.799.404,18
6	22.156.884,82	25.322.154,08	28.487.423,34	31.652.692,60	34.817.961,86	37.983.231,12
4	6.824.927,07	8.189.912,48	9.554.897,90	10.919.883,31	12.284.868,73	13.649.854,14
2	5.049.414,86	6.732.553,14	8.415.691,43	10.098.829,72	11.781.968,00	13.465.106,29
1	11.917.348,48	17.876.022,72	23.834.696,96	29.793.371,20	35.752.045,44	41.710.719,68
Total	79.498.165,60	94.720.195,56	109.942.225,52	125.164.255,48	140.386.285,44	155.608.315,40

Fonte: Estimativas próprias

c. Emissões de VS em 2014

Passo 1: A perda total de VS contabilizou 4.043.005 ha em 2014, de acordo com a série temporal TerraClass. Por meio de operações espaciais explícitas, determinou-se quando cada polígono de VS perdido em 2014 passou a integrar a série temporal TerraClass, o que foi considerado um *proxy* de sua idade:

Tabela 76: Área de VS perdida em 2014 e o ano em que essas áreas passaram a integrar a série temporal TerraClass.

Ano de mapeamento TerraClass (ano)	Quantidade de VS perdida entre 2012-2014 por ano desde a primeira detecção/início da regeneração (ha)
2012	1.379.353,85
2010	560.114,90
2008	1.250.269,58
2004	853.266,93
Total	4.043.005,27

Fonte: Estimativas próprias

Passo 2: Considerando que há um intervalo de 2 anos entre observações (mapas) para 2012 e

2014, foi utilizada uma interpolação linear para estimar a perda de área de VS por ano em 2013 e 2014 (Tabela abaixo).

Passo 3: Uma vez estimada a perda de área de VS em 2014, juntamente com sua idade, as emissões por perda de VS em 2014 foram estimadas multiplicando esses dois primeiros elementos pelo fator de remoção de 3,03 tC/ha ano (Tabela abaixo).

Passo 4: A conversão das emissões de carbono em CO₂ foi realizada multiplicando os resultados anteriores pelo fator 44/12 (tabela abaixo).

Tabela 77: Área de VS perdida em 2013 e 2014 e a idade no evento de perda, de acordo com dados do TerraClass

Ano de mapeamento TerraClass (ano)	Quantidade de VS perdida entre 2012-2014 por ano desde a primeira detecção/início da regeneração (ha)	Idade da VS no evento de perda em 2013 (anos)	Perda de estoque de VS em 2013 (tC)	Perda de estoque de VS em 2013 (tCO ₂)	Idade da VS no evento de perda em 2014 (anos)	Perda de estoque de VS em 2014 (tCO ₂)	Perda de estoque de VS em 2014 (tCO ₂)
2012	1.379.353,85	1	2.089.721,08	7.662.310,64	2	4.179.442,17	15.324.621,28
2010	560.114,9	3	2.545.722,24	9.334.314,89	4	3.394.296,32	12.445.753,18
2008	1.250.269,58	5	9.470.792,07	34.726.237,58	6	11.364.950,48	41.671.485,10
2004	853.266,9	9	11.634.294,61	42.659.080,23	10	12.926.994,01	47.398.978,04
Total	4.043.005,27			94.381.943,34			116.840.837,60

Fonte: Estimativas próprias

d. AECF líquido

Passo 1: Foram compilados os resultados das três fases anteriores:

- Remoções por áreas anuais de VS existentes de 2014 a 2020
- Emissões por perda anual de VS de 2015 a 2020
- Emissões por perda anual de VS em 2014

Passo 2: O nível de referência de AECF foi obtido como a média das emissões líquidas anuais considerando o período de 2014 a 2020:

Tabela 78: Nível de referência de AECF para o bioma Amazônia

Ano	Remoções - ganho de VS (tCO ₂)	Emissões - perda de VS (tCO ₂)	Aumento LÍQUIDO dos estoques de carbono florestal (tCO ₂)
2014	-178.115.232	116.840.837,60	- 61.274.394,08
2015	-177.692.504	79.498.165,60	- 98.194.338,47
2016	-177.269.776	94.720.195,56	- 82.549.580,91
2017	-176.847.049	109.942.225,52	- 66.904.823,35
2018	-176.424.321	125.164.255,48	- 51.260.065,78
2019	-176.001.594	140.386.285,44	- 35.615.308,22
2020	-175.578.866	155.608.315,40	- 19.970.550,65
Média	-176.847.048,87	117.451.468,66	-59.395.580,21

Fonte: Estimativas próprias

8.8. Procedimentos de controle e garantia da qualidade

A figura a seguir resume os procedimentos de controle de qualidade (QC) e garantia da qualidade (QA) que foram adotados e implementados por diferentes atores durante a elaboração da proposta do FREL nacional do Brasil. Vale destacar que os programas de

monitoramento do INPE também possuem seus próprios procedimentos de QC/QA, garantindo que os dados de atividade utilizados nesta submissão tenham alta acurácia.

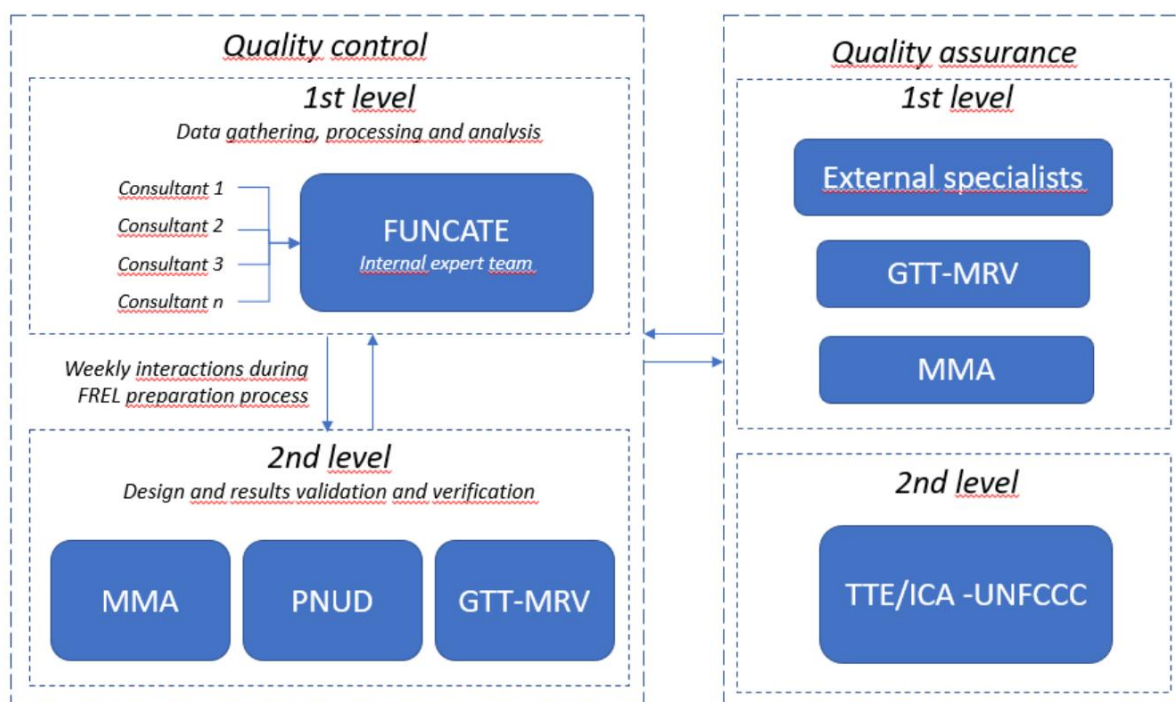


Figura 40 – Procedimentos de QA e QC adotados/implementados durante a elaboração do FREL nacional do Brasil

8.8.1. Controle de qualidade

Ao longo da elaboração do FREL nacional do Brasil, foram implementados procedimentos técnicos de QC a fim de avaliar e corrigir (quando necessário) a qualidade dos resultados, conforme recomendado pelas Diretrizes do IPCC (2006).

Esses procedimentos foram implementados em dois níveis distintos (**Figura 40**): um primeiro nível dentro da equipe técnica da FUNCATE diretamente envolvida na elaboração das estimativas de GEE; e um segundo nível dentro da equipe técnica do MMA, na coordenação técnica e nos membros selecionados do GTT-MRV diretamente envolvidos na elaboração do documento de submissão do FREL, mas não envolvidos diretamente no cálculo das estimativas.

Sob essa perspectiva, o sistema de controle de qualidade foi delineado para (lista não integral até o momento):

(i) Verificações rotineiras para assegurar a integridade, correção e completude de todos os dados utilizados na elaboração do FREL:

- Nível 1: Todos os dados necessários para estimar as emissões/remoções (a saber, dados de atividade e fatores de emissão) foram submetidos a verificações de completude, a fim de garantir que todos os dados necessários tenham sido coletados. Os mapas utilizados passaram por avaliações de integridade (análises topológicas relevantes para esse tipo de dado) e

correções foram aplicadas quando necessário.

- Nível 2: Todos os dados foram examinados pelo MMA, coordenador técnico e equipe do PNUD.

(ii) Verificações de cálculo:

- Nível 1: Os cálculos foram realizados, em paralelo, por dois especialistas diferentes a fim de garantir a consistência e a acurácia dos resultados.

- Nível 2: Todos os resultados foram examinados pelo MMA, coordenador técnico e equipe do PNUD.

(iii) Documentação e arquivamento:

- Nível 1: Foram produzidos diversos relatórios ao longo do projeto, detalhando os dados de entrada e os procedimentos adotados.

- Nível 2: Foram realizadas reuniões semanais entre FUNCATE, MMA e PNUD para discutir e deliberar acerca do processo, lacunas, pressupostos, resultados preliminares, etc. As reuniões foram gravadas.

Os principais erros e/ou lacunas identificados durante os procedimentos de QC, bem como as correções aplicadas, são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 79 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Amazônia

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Sobreposição de polígonos	Alguns polígonos possuem classificações diferentes em termos de fitofisionomias	Erro em virtude da grande quantidade de informações a serem avaliadas	Sobreposições podem gerar sobrestimação de emissões	0,24% da área total desmatada na categoria Floresta	Foi utilizada uma ferramenta do TerraAmazon para eliminar sobreposições de polígonos no mapa da vegetação pretérita
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	1% da área total desmatada	Devido à sua insignificância, a área faltante não foi considerada nas estimativas finais

Tabela 80 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Cerrado

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	0,0033% da área total desmatada	Devido à sua insignificância, a área faltante não foi considerada nas estimativas finais
Inconsistências entre os estoques de carbono incluídos no <i>shapefile</i> e os reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	A soma dos reservatórios de carbono no <i>shapefile</i> difere dos valores reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	3,2% da área total desmatada	Foram utilizados os valores do 4º Inventário Nacional de GEE, ajustados por bioma

Tabela 81 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Mata Atlântica

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	1,6% da área total desmatada	Devido à sua insignificância, a área faltante não foi considerada nas estimativas finais
Inconsistências entre estoques de carbono incluídos no <i>shapefile</i> e os reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	A soma dos reservatórios de carbono no <i>shapefile</i> difere dos valores reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	3,2% da área total desmatada	Foram utilizados os valores do 4º Inventário Nacional de GEE, ajustados por bioma

Classe “resíduo” do PRODES	A classe “resíduo” do PRODES refere-se a áreas de desmatamento identificadas após a ocorrência. Por exemplo, uma classe “resíduo” de 2018 implica que o desmatamento foi relatado em 2018, mas ocorreu antes de 2018	Essa classe faz parte dos dados do PRODES Cerrado transferidos para o bioma Mata Atlântica. Isto significa que não se trata de um erro; faz parte da metodologia	O desmatamento e as emissões correspondentes podem ter ocorrido “fora” do período de nível de referência	0,5% das emissões	Classe “resíduo” não foi incluída nas estimativas finais
Fitofisionomias florestais desconhecidas	Mapa da vegetação pretérita apresenta fitofisionomias florestais desconhecidas: SNm, SMm, SNs, SNTm e TNm	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	0,5% das emissões	Foram utilizados os valores de estoque de carbono das fitofisionomias florestais “superiores”

Tabela 82 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Caatinga

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	85% da área total desmatada	As fitofisionomias florestais foram identificadas (com base nas informações reportadas no 4º Inventário Nacional de GEE) e incluídas no mapa da vegetação pretérita
Inconsistências entre os estoques de carbono incluídos no <i>shapefile</i> e os reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	A soma dos reservatórios de carbono no <i>shapefile</i> difere dos valores reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	0,93% da área total desmatada	Foram utilizados os valores do 4º Inventário Nacional de GEE, ajustados por bioma

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Classe “resíduo” do PRODES	A classe “resíduo” do PRODES refere-se a áreas de desmatamento identificadas após a ocorrência. Por exemplo, uma classe “resíduo” de 2018 implica que o desmatamento foi relatado em 2018, mas ocorreu antes de 2018	Essa classe faz parte dos dados do PRODES Cerrado transferidos para o bioma Mata Atlântica. Isto significa que não se trata de um erro; faz parte da metodologia	O desmatamento e as emissões correspondentes podem ter ocorrido “fora” do período de nível de referência	3% das emissões	Classe “resíduo” não foi incluída nas estimativas finais
Fitofisionomias florestais desconhecidas	Mapa da vegetação pretérita apresenta fitofisionomias florestais desconhecidas: SNm, SNs, SNtm, SNTs, STNtm, STNTs, STs, STts, STtm, TNm, TNs, TNtm, TNts	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	3,3% das emissões	Foram utilizados os valores de estoque de carbono das fitofisionomias florestais “superiores”

Tabela 83 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Pampa

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	0,03% da área total desmatada	Foram utilizadas fitofisionomias florestais do polígono vizinho
Inconsistências entre os estoques de carbono incluídos no <i>shapefile</i> e os reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	A soma dos reservatórios de carbono no <i>shapefile</i> difere dos valores reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	10,3% da área total desmatada	Foram utilizados os valores do 4º Inventário Nacional de GEE, ajustados por bioma
Novas fitofisionomias florestais	Foi identificada uma nova fitofisionomia florestal (Mm)	Nova fitofisionomia florestal devido à novos limites dos biomas	Redução da acurácia da estimativa	0,003% das emissões	Foram utilizados valores dos estoques de carbono de outro bioma (Mata Atlântica)

Tabela 84 – Erros e/ou lacunas identificados durante a verificação de controle de qualidade – bioma Pantanal

Erro/lacuna	Descrição	Possível causa	Impacto	Significância	Correção aplicada
Lacunas no mapa da vegetação pretérita	Polígonos sem informação de fitofisionomias florestais e/ou categoria	Podem ter sido criadas lacunas em virtude das diferenças nos limites dos biomas	Sem as fitofisionomias florestais, não é possível estimar as emissões	0,04% da área total desmatada	As fitofisionomias florestais foram identificadas (com base nas informações reportadas no 4º Inventário Nacional de GEE) e incluídas no mapa da vegetação pretérita
Inconsistências entre os estoques de carbono incluídos no <i>shapefile</i> e os reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	A soma dos reservatórios de carbono no <i>shapefile</i> difere dos valores reportados no 4º Inventário Nacional de GEE	Muito provavelmente devido a erros humanos na inserção dos dados	Redução da acurácia da estimativa	24,86% da área total desmatada	Foram utilizados os valores do 4º Inventário Nacional de GEE, ajustados por bioma
Classe “resíduo” do PRODES	A classe “resíduo” do PRODES refere-se a áreas de desmatamento identificadas após a ocorrência. Por exemplo, uma classe “resíduo” de 2018 implica que o desmatamento foi relatado em 2018, mas ocorreu antes de 2018	Essa classe faz parte dos dados do PRODES Cerrado transferidos para o bioma Mata Atlântica. Isto significa que não se trata de um erro; faz parte da metodologia	O desmatamento e as emissões correspondentes podem ter ocorrido “fora” do período de nível de referência	0,06% das emissões	Classe “resíduo” não foi incluída nas estimativas finais

8.8.2. Garantia da qualidade

Conforme descrito na seção “Papel do Grupo de Trabalho Técnico sobre MRV de REDD+”, todas as entradas essenciais para o desenvolvimento desta submissão foram apresentadas e discutidas pelo GTT MRV REDD+.

O GTT MRV REDD+ também foi fundamental no processo de garantia da qualidade dos resultados, ao realizar uma avaliação com base no parecer de especialistas a fim de identificar possíveis valores atípicos que pudessem resultar em subestimação ou superestimação.

Uma proposta preliminar da submissão (incluindo resultados preliminares) foi apresentada ao GTT MRV REDD+ e os “processos de validação técnica” ocorreram em 30 de outubro, 1º de novembro e 12 de dezembro de 2022.

Como resultado do “processo de validação técnica”, vale mencionar que o GTT-MRV considerou os dados, informações e resultados apresentados nesta submissão do FREL como completos, metodologicamente robustos e representativos do conjunto de informações mais atualizado disponível no país.

Por fim, considerando que as submissões de REDD+ estão sujeitas a análise técnica por especialistas em LULUCF do quadro de especialistas da UNFCCC, é de se esperar que procedimentos adicionais de QA sejam realizados durante a análise técnica.

8.9. Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores

Tabela 85 - Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores - FREL Amazônia A, B³⁹

Recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores ⁴⁰	Situação na submissão atual
Digitalização dos mapas de desmatamento: observou-se que as estimativas de desmatamento para os anos de 1996-1997 são menos acuradas que o restante da série temporal. A EA considera que pode ser obtida uma melhor estimativa para os anos de 1996-1997 por meio da digitalização dos mapas de desmatamento.	Todos os mapas temáticos utilizados nesta submissão do FREL foram elaborados em formato digital, de acordo com os mesmos critérios de extração de informações a partir de imagens orbitais, evitando assim possíveis inconsistências e imprecisões entre mapas elaborados com o uso de metodologias diferentes. Entende-se que os mapas de 1996 e 1997 não impactam a acurácia do FREL aqui proposto, visto que o Brasil optou por um período de nível de referência reduzido (5 anos), alinhado com outras orientações internacionais. Além disso, foram implementados procedimentos de controle de qualidade para excluir os “AD de menor acurácia” - consultar seção “Procedimentos de controle e garantia da qualidade”
Continuidade na melhoria do mapa de carbono: a EA reconhece os esforços significativos realizados até o momento pelo Brasil para avaliar a distribuição espacial das densidades de carbono no bioma Amazônia, e parabeniza o Brasil por continuar a trabalhar na atualização e melhoria do mapa de carbono com base em novos e aprimorados dados de campo oriundos do seu primeiro inventário florestal nacional	O Brasil continua a aprimorar as estimativas e a distribuição espacial dos estoques de carbono em todos os biomas. Esses esforços têm sido conduzidos principalmente no âmbito do setor de LULUCF do Inventário Nacional de GEE. Além disso, foram utilizados dados/informações atualizados do projeto EBA para a estimativa do “mapa de carbono”, particularmente para o bioma Amazônia -

	consultar Box 2. Espera-se que melhorias adicionais futuras ocorram assim que o IFN estiver completamente finalizado e validado.
Tratamento das emissões por madeira morta (incluir este reservatório ou fornecer mais informações sobre a justificativa de sua omissão);	O reservatório de madeira morta foi incluído – consultar seção “Reservatórios, gases e atividades incluídos no FREL nacional do Brasil”
Tratamento de gases não-CO ₂ , de modo a manter a consistência com o inventário de GEE incluído na comunicação nacional	Os gases não-CO ₂ foram incluídos nas estimativas para: 1) Desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado 2) Degradação por incêndios florestais no bioma Amazônia No entanto, devido às limitações atuais, os gases não-CO ₂ que possam ocorrer em outros biomas ainda não foram incluídos - consultar Box 6

³⁹ Disponível em: https://redd.unfccc.int/files/redd_brazil_frel_final_19nov.pdf

⁴⁰ Parágrafo 37, 38 38 do “Relatório da avaliação técnica do nível de emissões de referência florestal do Brasil, submetido em 2014” (FCCC/TAR/2014/BRA). Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2014/tar/bra01.pdf>

Tabela 86 – Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores - FREL Amazônia C⁴¹

Recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores⁴²	Situação na submissão atual
Excluir os AD de menor acurácia	Diferentemente de outras submissões, nenhum dado analógico foi utilizado para estimar o FREL nacional do Brasil Além disso, foram implementados procedimentos de controle de qualidade para excluir os “AD de menor acurácia” - consultar seção “Procedimentos de controle e garantia da qualidade”
Fornecer informações sobre a extensão das áreas desmatadas detectadas com o limiar de 1 ha, mas não captadas posteriormente pelo projeto PRODES utilizando o limiar de 6,25 ha, com o objetivo de demonstrar que nenhum desmatamento significativo é excluído do FREL	O desmatamento foi estimado utilizando unidade mínima de mapeamento de 1 hectare – consultar seção “Cálculo do FREL nacional do Brasil”

⁴¹ Disponível em: https://redd.unfccc.int/files/frelc_modifiedversion_correction2019.pdf

⁴² Parágrafos 41 e 42 do “Relatório da avaliação técnica do nível de emissões de referência florestal do Brasil, submetido em 2018” (FCCC/TAR/2018/BRA). Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tar2018_BRA.pdf

Recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores⁴²	Situação na submissão atual
Fornecer informações sobre como foram derivados os EFs para os cinco tipos de vegetação não incluídos nos 22 tipos florestais do FREL	Foram incluídas informações sobre como os EFs foram derivados para cada bioma - consultar seção “Cálculo do FREL nacional do Brasil”
Fornecer uma matriz territorial do bioma Amazônia no FREL com a distribuição considerada pela comunicação nacional e pelo FREL, juntamente com uma descrição clara de quaisquer diferenças metodológicas	Atualmente, não é possível apresentar uma “matriz territorial”, visto que a metodologia do INPE para o monitoramento do desmatamento não inclui procedimentos para identificação do uso do solo após o desmatamento. Em outras palavras, é possível afirmar apenas que as áreas de desmatamento aqui apresentadas são referentes a conversões de florestas (F) para outra

	categoria de uso do solo não florestal, conforme definido como “desmatamento”, mas sem a definição clara se a terra é de agricultura, pastagem, etc.
Explicar melhor a diferença de 5.573.793,6 ha entre os incrementos de desmatamento do PRODES na terceira comunicação nacional e no FREL	A diferença é potencialmente explicada pelo fato de que, nas estimativas de desmatamento do PRODES, estão incluídas Outras Formações Lenhosas (OFL), que não são consideradas fitofisionomias florestais no 4º Inventário Nacional. Há também o fato de que o PRODES considera o território da Amazônia Legal, ao passo que o Inventário Nacional considerou o bioma Amazônia, cujos limites são diferentes
Reforçar o controle de qualidade da submissão para eliminar inconsistências	Nesta submissão, todas as etapas realizadas foram supervisionadas tanto por especialistas internos da FUNCATE como por outros especialistas externos com expertise relevante Durante a coleta de dados de atividade com o uso de imagens orbitais, foram contratados consultores externos com expertise específica em cada um dos biomas, a fim de orientar a equipe de intérpretes, chamando a atenção para aspectos relevantes a serem considerados na distribuição espacial das fitofisionomias e em suas dinâmicas fenológicas, de modo a minimizar possíveis equívocos de interpretação Durante o processamento dos dados, considerando o grande volume e a necessidade de controle para a elaboração das planilhas destinadas aos cálculos futuros, todo o trabalho foi concentrado em um único especialista, que interagiu com os responsáveis pelos cálculos. A ocorrência de inconsistências foi prontamente relatada, e em seguida foi realizado processamento adicional Após a finalização dos cálculos, inclusive dos intermediários, os resultados foram discutidos em reuniões com a participação de especialistas da FUNCATE, equipe do MMA, coordenador técnico e equipe do PNUD Para informações adicionais, consulte a seção “Procedimentos de controle e garantia da qualidade”
Incluir gases não-CO ₂ , de modo a aprimorar a consistência com o inventário de GEE incluído na comunicação nacional	Os gases não-CO ₂ foram incluídos nas estimativas para: 1) Desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado 2) Degradação por incêndios florestais no bioma Amazônia
	No entanto, devido às limitações atuais, os gases não-CO ₂ que possam ocorrer em outros biomas ainda não foram incluídos - consultar Box 6

Tabela 87– Situação das recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores – FREL Cerrado⁴³

Recomendações/encorajamentos de avaliações técnicas anteriores ⁴⁴	Situação na submissão atual
Estimar as emissões por desmatamento líquido	O desmatamento líquido foi estimado para os biomas Amazônia e Cerrado - consultar seção “Informações adicionais”

Incluir emissões provenientes de degradação florestal por incêndios florestais	As emissões de GEE provenientes de degradação florestal por incêndios florestais no bioma Amazônia foram incluídas - consultar seção “Emissões brutas por degradação” No entanto, devido às limitações atuais, ainda não foram incluídas as emissões de GEE provenientes de degradação florestal por incêndios florestais no bioma Cerrado - consultar Box 5
Quantificar as incertezas associadas ao FREL	As incertezas foram estimadas – consultar seção “Acurácia”
Explorar a possibilidade de inclusão do reservatório de carbono orgânico do solo	Devido às limitações atuais, ainda não foi incluído o reservatório de carbono orgânico do solo – consultar Box 8

⁴³ Disponível em: https://redd.unfccc.int/files/frelcerrado_en_20170629_br_v.2.pdf

⁴⁴ Parágrafo 35 do “Relatório da avaliação técnica do nível de emissões de referência florestal do Brasil, submetido em 2017” (FCCC/TAR/2017/BRA).

Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/bra.pdf>