

Capítulo 2

Inventário das Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre

Falberni de Souza Costa

Eufran Ferreira do Amaral

Julio Cesar Pinho Mattos

Nilson Gomes Bardales

Marcus Vinício Neves d'Oliveira

Judson Ferreira Valentim

Edson Alves de Araújo

Antonio Willian Flores de Melo

João Luiz Lani

Leandro Sampaio

Lúcio Flávio Zancanela do Carmo

1. Introdução

Nas últimas décadas, a atividade antrópica tem modificado de forma cada vez mais evidente processos ambientais em escala global, como a absorção de radiação ultravioleta pela camada de ozônio (O_3) e o efeito estufa natural. A este têm sido incrementadas, de forma contínua no tempo, concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e clorofluorcarbonos (CFCs). Com exceção desse último, os demais são os principais gases de efeito estufa (GEEs) antropogênicos relacionados às atividades do setor primário da economia dos países em escala global.

Conhecer a magnitude desses impactos, as fontes e sumidouros de GEEs, e seus processos geradores e fatores controladores são premissas científicas e tecnológicas atuais da pesquisa mundial na busca de formas adaptadas de assegurar a continuidade da produção de alimentos, fibras e biocombustíveis, enfrentar os efeitos da mudança climática em escalas locais, bem como mitigar a participação humana nessa mudança. Esse conhecimento também pode subsidiar o planejamento do desenvolvimento global, nacional e subnacional (estados e municípios).

A forma atual de identificação e quantificação das emissões antrópicas de GEEs é a elaboração de inventários, podendo abranger diversas escalas espaciais e administrativas de um país. A recomendação para elaboração desses inventários foi acordada e aceita por vários países no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), doravante Convenção. O Brasil é signatário da Convenção e já está com a sua segunda comunicação nacional informada.

Nesse contexto é que se apresenta o primeiro Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do Estado do Acre.

1.1. Gases de efeito estufa antropogênicos

O clima global é regulado pelo influxo de energia solar na sua atmosfera e o efluxo de radiação infravermelha da Terra. Os GEEs naturais estão presentes na atmosfera terrestre e absorvem parte dessa radiação infravermelha. O vapor d'água, CO_2 , CH_4 , N_2O e O_3 , entre outros gases são essenciais para a manutenção da vida, pois sem eles a Terra seria, em média, cerca de $30^\circ C$ mais fria.

Como resultado das atividades antrópicas, a concentração de CO_2 , CH_4 e N_2O tem aumentado na atmosfera nas últimas décadas (BRASIL, 2010; SOLOMON et al., 2007). Segundo a Organização Meteorológica Mundial (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2011), as concentrações médias globais registradas em 2010 foram de 389 ppm (partes ou número de moléculas do gás por milhão de moléculas no ar seco) de CO_2 , 1.808 ppb (partes ou número de moléculas do gás por bilhão de moléculas no ar seco) de CH_4 e 323,2 ppb de N_2O . Esses valores são maiores do que as concentrações pré-revolução industrial (antes de 1750) em 39%, 15,8% e 20%, respectivamente. Ainda segundo a World Meteorological Organization (2011), aumentos da concentração atmosférica de CO_2 e N_2O de 2009 para 2010 são coerentes com a tendência dos últimos anos, entretanto são maiores do que aqueles observados de 2008 para 2009 e do que a média dos últimos 10 anos. A concentração atmosférica de CH_4 continua crescente, consistente com os três últimos anos. Adicionalmente, o Índice Anual de GEEs da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, demonstra que o forçamento radiativo da atmosfera por GEEs de vida longa (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC-11 e CFC-12) aumentou em 29% de 1990 para 2010, com o CO_2 sendo responsável por aproximadamente 80% desse aumento. No mesmo período o forçamento por N_2O excedeu o de CFC-12, um tipo de clorofluorcarbono, se tornando o terceiro mais importante GEEs (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2011). Além desses gases, há a emissão de outros GEEs estritamente antropogênicos (compostos químicos), como clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), hidrofluorclorocarbonos (HCFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

De acordo com a Convenção, este inventário inclui somente as emissões antrópicas e os sumidouros de GEEs não controlados pelo Protocolo de Montreal. Não inclui os gases CFCs e os HCFCs, que têm relação com a destruição da camada de ozônio e já são controlados por esse protocolo.

Os gases de efeito estufa cujas emissões antrópicas e remoções foram estimadas no presente inventário são CO_2 e CH_4 . Outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis ou hidrocarbonetos não metânicos (NMHCs), mesmo não sendo gases de efeito estufa direto, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera. Informações sobre as emissões antrópicas desses gases são também incluídas neste inventário quando disponíveis (SOLOMON et al., 2007).

1.2. Setores Inventariados

Os setores de atividade inventariados para o Estado do Acre têm relação atual e direta tanto com a emissão quanto com sumidouros, sendo essencialmente os mais importantes envolvidos de forma direta ou indireta com a economia estadual.

Os setores inventariados para emissões antrópicas foram: a) energia - a geração de energia por termelétricas; b) transportes - fontes móveis (veículos automotores); c) mudança no uso da terra e florestas; d) agropecuária; e) tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Os sumidouros de GEEs ocorrem no setor de mudança do uso da terra e florestas como resultado de atividades de manejo de áreas protegidas, reflorestamento, regeneração natural da vegetação, por abandono de terras utilizadas na atividade agropecuária e aumento de estoque de carbono nos solos.

No setor de energia estão incluídas as estimativas de emissões antrópicas de CO_2 por oxidação do carbono contido nos combustíveis fósseis durante a sua queima para geração de eletricidade em usinas termelétricas somente dentro do Estado do Acre. São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa ocorridas durante o processo de combustão (CO , NMHCs e NO_x) e de MP. Não foram incluídas as emissões devido à transformação e ao consumo de energia e as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo de outras matrizes energéticas. Também não foram incorporadas as emissões a partir da queima de biomassa (fontes renováveis) e dos combustíveis fósseis na navegação fluvial e o transporte aéreo nacional.

No setor de transportes foram consideradas as emissões por categoria de fontes móveis veiculares e tipo de combustível.

No setor de mudança no uso da terra e floresta estão contempladas as estimativas das emissões e sumidouros de GEEs associados ao incremento ou redução do carbono na biomassa acima e/ou abaixo do solo e na matéria orgânica (compartimentos diversos bióticos e abióticos) dos solos pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por outro (conversão de florestas para agricultura e/ou pecuária ou a substituição de lavouras por reflorestamentos e regeneração natural de vegetação secundária). O metabolismo das florestas (primárias e secundárias) contribui tanto para influxo como para efluxo de GEEs, portanto interfere no resultado de fluxo líquido do Estado do Acre. Todavia, devido à carência de informações para a estimativa especialmente do efluxo, o metabolismo das florestas e o impacto da atividade madeireira não são considerados neste inventário.

No setor agropecuário, as pecuárias de corte e leite, em especial, são atividades econômicas de importância no Acre. A fermentação entérica (CH_4) foi considerada o processo principal de geração de emissões de GEEs nesse setor. As emissões a partir do manejo de dejetos animais (CH_4 e N_2O) em ambientes específicos de acumulação e sob condições de anaerobiose, da queima de resíduos agrícolas (CH_4 , N_2O , NO_x , CO e NMHC) e de solos agrícolas (N_2O) não estão incluídas neste inventário. Entretanto, as emissões oriundas da disposição de dejetos em condições de campo, com mínimas emissões de CH_4 , mas ainda assim positivas, foram consideradas neste inventário.

As emissões de N_2O de solos agrícolas não foram contabilizadas porque suas principais fontes (fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo agrícola e manejo de resíduos animais) não são significativas para o Estado do Acre. Além disso, ainda é necessário considerar que informações sobre a venda e uso de fertilizantes nitrogenados dependem de monitoramento sistemático e tratamento nas bases de dados estaduais, o que não acontece ainda no Acre.

No setor de resíduos estão contabilizadas somente as emissões da disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU). As emissões do tratamento de resíduos, efluentes domésticos, comerciais e industriais não estão incluídas.

1.3. Descrição do método dos cálculos das emissões e sumidouros

O método geral de cálculo das emissões e os fatores de emissão estão descritos na primeira e segunda comunicação nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2004, 2010), publicadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI), e no manual revisado de 1996 (HOUGHTON et al., 1996), Guia de boa prática e tratamento de incertezas de 2000 (PENMAN et al., 2000) e Guia de boa prática para uso da terra, mudança no uso da terra e floresta de 2003 (PENMAN et al., 2003), todos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) (HOUGHTON et al., 1996).

O nível de detalhe Tier 1 (método de fluxo) foi utilizado para os setores de energia, transporte, agropecuária e resíduos, enquanto o Tier 2 foi utilizado para o setor de mudança de uso da terra (HOUGHTON et al., 1996).

Para cada um dos gases foram estimadas as emissões antropogênicas e sumidouros na unidade de medida de gigagrama ($Gg \times 10^9g$ ou 1.000 toneladas) ou megagrama ($Mg \times 10^6g$ ou 1.000 kg), conforme a magnitude da atividade por setor. Este inventário é apresentado para o ano base de 2010. O inventário apresenta também, quando adequado, a conversão das emissões e sumidouros de GEEs para CO_2 equivalente (CO_2 eq). CO_2 eq é o resultado da conversão de outro GEE (CH_4 ou N_2O , por exemplo) para CO_2 considerando o seu potencial de aquecimento global (Global Warming Potential - GWP). Neste inventário, o GWP utilizado para conversão considerou o intervalo de 100 anos (SOLOMON et al., 2007). De acordo com o exposto a seguir sobre essa conversão, neste inventário resultados apresentados na forma de CO_2 eq têm caráter didático e não representam a integração total do impacto (positivo ou negativo) das fontes, especialmente de emissão, consideradas.

É relevante destacar que o governo brasileiro contesta a utilização do GWP para comparação de GEEs. A opção de agregar as emissões relatadas em unidades de CO_2 eq com o uso do GWP em um horizonte de tempo de 100 anos não foi adotada nas comunicações do Brasil à Convenção, que relatou suas emissões em unidades de massa de cada GEE, conforme apresentado no seu inventário inicial. A justificativa é que o GWP não representa corretamente a contribuição relativa dos diferentes gases de efeito estufa à mudança do clima, enfatizando sobremaneira a importância dos GEEs com curtos períodos de permanência na atmosfera, como o CH_4 .

O Brasil (2004; 2010) destaca ainda que:

"É preciso lembrar que a omissão do tempo em que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para a quantificação das emissões globais e para a compreensão da evolução do problema das mudanças climáticas (atual e futura), as emissões anuais de GEEs não representam de maneira adequada e justa a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função do acúmulo das emissões históricas dos países, que por sua vez elevam as concentrações de GEEs na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada GEEs, há um acúmulo de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto, a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada a partir da perspectiva da dupla acumulação, o que significa considerar de maneira integral todas as suas emissões históricas, o consequente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países industrializados, que iniciaram suas emissões de GEE a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade na mudança do clima. Além da responsabilidade pela mudança de clima já observada, dados de emissões históricas indicam que continuarão com os principais responsáveis por mais algumas décadas".

As informações utilizadas para a elaboração deste inventário foram coletadas nos bancos de dados dos órgãos (departamentos, fundações, secretarias e institutos) estaduais e em publicações nacionais por setor referente ao Estado do Acre, tais como o Centro de Elétricas Brasileiras (Eletrobrás), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (Inpe), etc.

2. Sumário das emissões por fontes antrópicas e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa

A emissão antrópica total de CO₂ em 2010 no Estado do Acre é de 22.683 Gg. O setor de mudança no uso da terra e floresta é a fonte que mais contribui para essa emissão, respondendo por 96,7%. Os setores de transporte e energia respondem por 2,8% e 0,5% dessa emissão, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Emissão antrópica total e remoção por sumidouro de GEEs por setor/fonte no Estado do Acre - ano base de 2010.

Setor/fonte	Emissão antrópica total ¹					
	CO ₂	CH ₄	CO	NMHC	NO _x	MP
	-----Gg-----					
Energia	110	SC	0,136	0,026	0,765	0,013
Transporte	633	0,004	0,184	0,074	0,019	0,001
Mudança no uso da terra e floresta	21.940	SC	SC	SC	SC	SC
Agropecuária	SC	164	SC	SC	SC	SC
Resíduos	SC	9	SC	SC	SC	SC
Total 1	22.683	173	0,320	0,100	0,784	0,014
	Remoção por sumidouro					
Mudança no uso da terra e floresta	-1.433	SC	SC	SC	SC	SC
Total 2	-1.433	SC	SC	SC	SC	SC
Resultado líquido	21.250	173	0,320	0,100	0,784	0,014

¹Valores têm incertezas da ordem de 25% a 45%, considerando que o método adotado para cálculos deste inventário é semelhante ao adotado em Brasil (2010), significando os limites de um intervalo de confiança de 95%. ²SC = sem contabilização para este inventário.

É importante ressaltar que a apresentação do sumário dos resultados das emissões antrópicas e remoções por sumidouros do Estado do Acre por unidade de massa de GEEs segue as comunicações do Brasil à Convenção.

A regeneração natural de capoeiras no setor de mudança no uso da terra e floresta do Estado do Acre em 2010 contribui para a remoção de 1.433 Gg de CO₂e, portanto, para armazenamento de 391 Gg de carbono ou de 781 Gg de biomassa total.

É importante observar que as emissões líquidas são relacionadas à mudança no uso da terra de florestas primárias e secundárias para atividades florestais e/ou agropecuárias. Já as remoções são relacionadas à regeneração natural da vegetação que acontece em áreas abandonadas para descanso após a perda da capacidade de produção, seja para atividades agrícolas e/ou pecuárias.

3. Emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa por setor

3.1. Energia – geração de energia por termelétricas

São apresentadas as emissões de GEEs de CO₂, CO, NMHC, NOx e MP, produzidas pela queima de combustível fóssil em motores estacionários utilizados em usinas termelétricas para a geração de energia elétrica e as emissões evitadas com a entrada de municípios do Acre no sistema interligado nacional (SIN). Para efeito de histórico desse setor foi considerada a série histórica de 2000 a 2010.

As informações que permitiram calcular as emissões foram fornecidas pelas Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás Acre).

3.1.1. Matrizes energéticas no Estado do Acre

Até novembro de 2002 toda a energia elétrica do estado era gerada por usinas termelétricas. Em janeiro de 2003, 6 municípios (Acrelândia, Bujari, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guionard) foram interligados ao sistema integrado nacional (SIN), a partir da distribuição de energia gerada pela hidrelétrica de Samuel, situada no Estado de Rondônia. Portanto, nessa época, dos 22 municípios acrianos, 16 (Assis Brasil, Brasileia, Capixaba, Cruzeiro do Sul, Epitaciolândia, Feijó, Jordão, Manoel Urbano, Marechal Thaumaturgo, Mâncio Lima, Porto Walter, Rodrigues Alves, Santa Rosa do Purus, Sena Madureira, Tarauacá e Xapuri) ainda mantiveram sua energia elétrica gerada em usinas termelétricas.

Cruzeiro do Sul ainda é a base das usinas termelétricas que geram energia para os municípios vizinhos de Mâncio Lima e Rodrigues Alves. Brasileia gerou energia para Epitaciolândia até o final do primeiro trimestre de 2008, quando então ambos os municípios foram interligados ao SIN-Samuel. O mesmo aconteceu com Sena Madureira no início do último trimestre de 2008. Capixaba e Xapuri foram interligados ao SIN-Samuel em meados de 2009. A partir de então no Acre 11 municípios estão interligados ao SIN-Samuel e 11 estão ligados a sistemas termelétricos.

3.1.2. Emissões de CO₂

No período de 2000 a 2010, os municípios de Rio Branco, até 2002, e Cruzeiro do Sul, até o presente, são os maiores consumidores de combustível fóssil para a geração de energia termelétrica no Estado do Acre. Até 2002 o consumo de Rio Branco representava até 80% e o de Cruzeiro do Sul até 10% do consumo total do estado. Depois de 2002, com a entrada de Rio Branco no SIN-Samuel, o consumo de combustível fóssil de Cruzeiro do Sul passou a representar entre 46% (2003) e 68% (2010) do consumo total do estado. Considerando somente a produção de CO₂ na combustão dos motores estacionários, a entrada dos municípios de Acrelândia, Bujari, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guionard (2002/2003), Brasileia, Epitaciolândia e Sena Madureira (2008-2009), Capixaba e Xapuri (2009-2010) no SIN-Samuel reflete diretamente em redução nas emissões de CO₂ no período avaliado neste inventário. As emissões em 2010 variaram de 0,9 (Jordão) a 75 Gg de CO₂ (Cruzeiro do Sul) (Tabela 2).

Considerando as emissões por regional de desenvolvimento do Estado do Acre, com foco nas regionais do Baixo Acre (Rio Branco) e Juruá (Cruzeiro do Sul), a dinâmica percentual das emissões de CO₂ no período de 2000 a 2010 demonstra que o Baixo Acre até 2002 representa até 80% das emissões totais (340 Gg de CO₂) e sem participação em 2010. Por sua vez, o Juruá representa até 10% das emissões totais (44 Gg de CO₂) até 2002 e depois aproximadamente 70% (78 Gg de CO₂) em 2010 (Figura 1).

Tabela 2. Emissão de CO₂ na geração de energia termelétrica por município do Estado do Acre no período de 2000 a 2010.

Município	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	-----Gg-----										
Assis Brasil	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,3	2,6	2,8	2,9	3,5
Brasileia ¹	11,0	12,1	12,4	13,3	13,9	15,6	17,1	18,5	3,9	0,0	0,0
Capixaba	1,1	1,1	1,4	2,0	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	1,6	0,0
Cruzeiro do Sul ²	33,9	35,7	40,1	43,3	45,6	51,5	54,9	56,6	61,5	67,2	75,0
Feijó	5,3	5,8	6,0	6,1	6,3	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	10,9
Jordão	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
Mal. Thaumaturgo	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Manuel Urbano	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,9	3,2
Porto Walter	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6
Rio Branco ³	257,0	321,6	337,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Santa Rosa	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Sera Madureira	9,5	10,8	9,8	10,3	10,8	12,0	12,6	13,5	11,9	0,0	0,0
Taruacá	6,3	6,6	7,2	7,4	7,6	8,1	8,1	8,8	9,8	10,9	12,3
Xapuri	4,3	4,7	5,0	5,3	5,4	5,8	6,2	6,8	7,5	2,9	0,0
Total	332,5	402,7	424,7	99,2	98,1	109,1	116,8	123,6	115,5	102,4	110,3

¹Brasileia e Epitaciolândia; ²Cruzeiro do Sul, Márcio Lima e Rodrigues Alves; ³Rio Branco, Acrelândia, Bujari, Capixaba, Plácido de Castro, Porto Acre e Senador Guiomard.

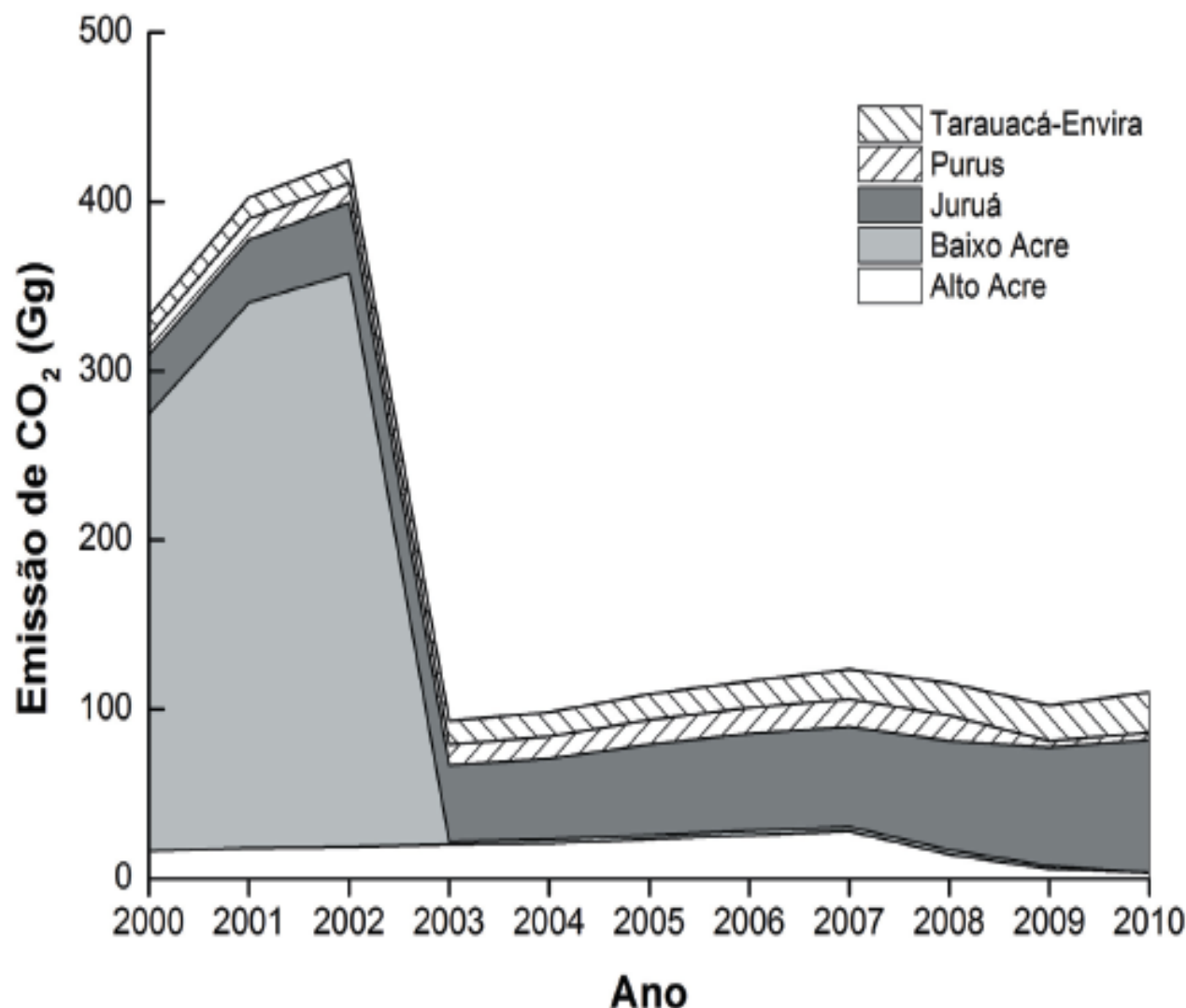


Figura 1. Emissão de CO₂ na geração de energia termelétrica por regional de desenvolvimento do Estado do Acre no período de 2000 a 2010.

3.1.3. Emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metano, óxidos de nitrogênio e material particulado por regional de desenvolvimento

As emissões de GEE efeito indireto no período de 2000 a 2010 são apresentadas na tabela 3, representam a mesma dinâmica das emissões de CO₂, com redução nas regionais que envolvem os municípios interligados ao SIN Samuel, bem como aumento naquelas onde o sistema termelétrico continua em operação. (Tabela 3). Demonstram também o aumento de atendimento de clientes em função do acréscimo da demanda energética, associada ao crescimento populacional e ao processo de desenvolvimento econômico do Estado do Acre, nas últimas décadas.

Tabela 3. Emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metano, óxidos de nitrogênio e material particulado por regional de desenvolvimento, no período de 2000 a 2010.

Regional	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
-----Mg-----											
Monóxido de carbono											
Alto Acre ¹	21,6	23,8	24,7	24,6	25,7	28,7	31,4	34,3	17,5	7,2	4,2
Baixo Acre ²	341,1	426,6	448,4	2,4	3,1	3,0	3,3	3,3	3,4	1,9	0,0
Juruá ³	46,5	48,7	54,8	55,4	58,4	65,9	70,5	72,8	78,9	86,3	96,5
Purus ⁴	14,6	16,6	15,5	15,0	16,0	17,7	18,7	20,2	18,8	4,8	5,4
Tarauacá-Envira ⁵	15,6	16,7	17,9	17,1	17,6	18,9	19,8	21,5	23,5	25,8	29,7
Hidrocarbonetos não metano											
Alto Acre	7,4	8,1	8,4	4,8	5,0	5,5	6,1	6,6	3,4	1,4	0,8
Baixo Acre	116,2	145,4	152,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,0
Juruá	15,8	16,6	18,7	10,7	11,3	12,8	13,6	14,1	15,3	16,7	18,7
Purus	5,0	5,6	5,3	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	3,6	0,9	1,0
Tarauacá-Envira	5,3	5,7	6,1	3,3	3,4	3,7	3,8	4,2	4,6	5,0	5,7
Óxidos de nitrogênio											
Alto Acre	156,4	172,7	179,0	138,8	144,6	161,4	176,8	193,0	98,3	40,3	23,9
Baixo Acre	2470,1	3089,4	3247,3	13,5	17,3	17,1	18,8	18,8	19,2	10,8	0,0
Juruá	336,7	352,6	397,2	311,9	328,9	371,1	396,8	409,8	444,2	486,0	543,3
Purus	105,8	120,1	112,1	84,6	90,1	99,8	105,4	113,8	105,7	26,8	30,4
Tarauacá/Envira	112,7	121,0	129,7	96,1	99,3	106,3	111,4	120,9	132,5	145,1	167,2
Material particulado											
Alto Acre	3,0	3,4	3,5	2,3	2,4	2,7	3,0	3,2	1,6	0,7	0,4
Baixo Acre	48,1	60,1	63,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0
Juruá	6,6	6,9	7,7	5,2	5,5	6,2	6,6	6,9	7,4	8,1	9,1
Purus	2,1	2,3	2,2	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	1,8	0,4	0,5
Tarauacá-Envira	2,2	2,4	2,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,8

¹Alto Acre: Assis Brasil, Brasília, Epitaciolândia e Xapuri; ²Baixo Acre: Acrelândia, Bujari, Capixaba, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guionard; ³Juruá: Cruzeiro do Sul, Marechal Thaumaturgo, Márcio Lima, Porto Walter e Rodrigues Alves; ⁴Purus: Manuel Urbano, Santa Rosa do Purus e Sena Madureira; ⁵Tarauacá-Envira: Feijó, Jordão e Tarauacá

3.2. Transportes - fontes móveis veiculares

As fontes principais de poluição do ar na Amazônia são as queimadas em áreas rurais, os veículos automotores e as indústrias. Essas estão presentes especialmente em fragmentos (zonas industriais) ou centros urbanos, e os veículos automotores se concentram nas áreas urbanas. Dentre os poluentes gasosos emitidos por motores, destacam-se: óxidos de carbono (CO e), óxidos sulfúricos (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos aromáticos (HAs).

Segundo o Departamento Estadual de Trânsito do Acre a frota acreana em dezembro 2010 é correspondente a 152.461 (cento e cinquenta e dois mil quatrocentos e sessenta e um) veículos, com 71% desse total localizados em Rio Branco. A taxa média de crescimento da frota é de 12,8% ao ano desde 2003 (ACRE, 2011a).

Informações mais detalhadas sobre aspectos de frota, consumo de combustíveis e impactos de poluição do setor de transporte no Estado do Acre podem ser encontrada no seu Plano de Controle de Poluição Veicular (ACRE, 2011c).

3.2.1. Emissões veiculares: fatores controladores

A quantidade de GEEs emitida pelos veículos automotores depende da tecnologia do motor (ano de fabricação e idade), tipo de combustível, manutenção do veículo, qualidade do trânsito, condições ambientais, e mesmo o estilo de condução adotado (OLIVEIRA, 2009).

3.2.2. Indicadores da frota acreana de veículos automotores

A frota veicular acreana é relativamente nova, com mais da sua metade (55% dos veículos dos ciclos Otto e Diesel) com menos de 6 anos de emplacamento (Figura 2).

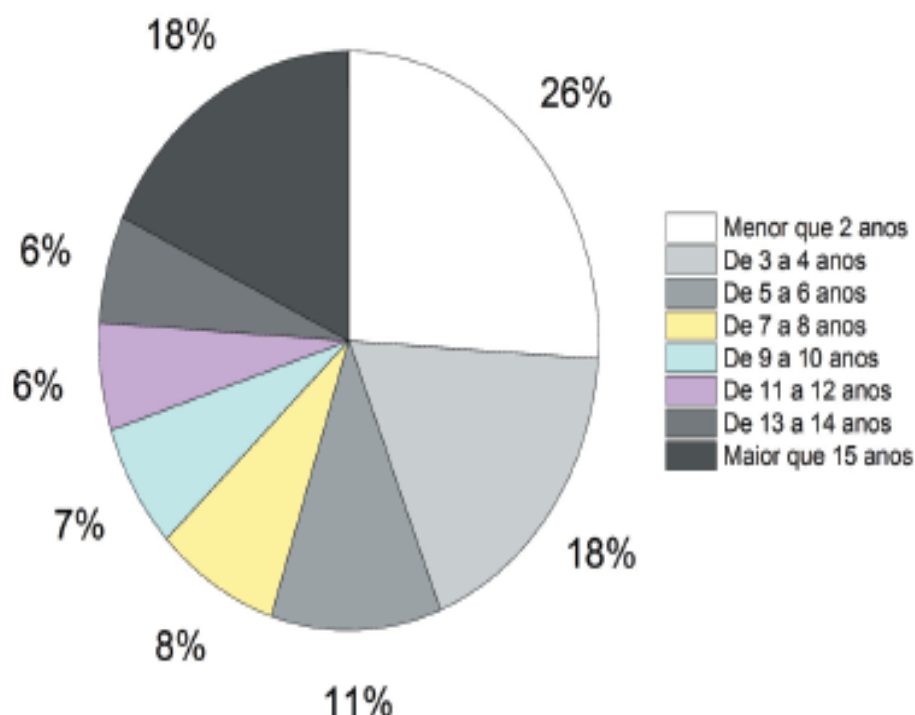


Figura 2. Percentual da idade da frota veicular acreana dos ciclos Otto e Diesel.

Fonte: ACRE (2011c)

O Baixo Acre é a regional com maior concentração de veículos (115.153), equivalente a 76% da frota total do estado. O crescimento das motocicletas, nos últimos 10 anos, é demonstrado pelos seus 49% de participação na frota de veículos de 2010, superando os de passeio com 35% (Tabela 4).

Tabela 4. Frota total acriana de veículos por regional de desenvolvimento e categoria de uso.

Regional de desenvolvimento	Passeio ¹	Carga ²	Motocicletas ²	Total
Alto Acre	4.921	1.751	7.028	13.700
Baixo Acre	44.569	19.284	51.300	115.153
Juruá	3.264	2.161	11.147	16.572
Purus	745	567	2.361	3.673
Tarauacá-Envira	414	579	2.370	3.363
Total	53.913	24.342	74.206	152.461

¹Inclui autos utilitários com motor ciclo Otto; caminhões, camionetes, ônibus e micro-ônibus, ciclomotores e utilitários com motor ciclo Diesel;

²similares (motonetas, triciclos e quadriciclos), também com motores do ciclo Otto, mas em destaque pela quantidade de resíduos gerados em relação aos veículos de passeio.

Fonte: Acre (2010a)

3.2.3. Emissões de GEE pela frota acriana de veículos automotores

Na Tabela 5 são apresentadas as emissões de CO, NMHC, NOx, MP por veículos com motores do ciclo Diesel e motocicletas, CH₄ por motocicletas e de CO₂ por tipo de combustível. A emissão de CO₂ por categoria de veículo de passeio não foi contabilizada porque as informações disponíveis atualmente permitem a desagregação somente de automóveis em geral e utilitários do ciclo Otto, com exceção das motocicletas e seus similares. A participação percentual da combustão de etanol, gasolina e diesel na emissão total de CO₂ é de 2%, 34% e 64% (Tabela 5).

Tabela 5. Emissões de CO, NMHC, NOx, MP e CH₄ por veículos com motores do ciclo Diesel e motocicletas e de CO₂ por tipo de combustível, ano-base 2010.

Fonte	CO ₂	CO	NMHC	NOx	MP	CH ₄
	----- Mg -----					
Ciclo Diesel ¹	--	39	54	5	0,57	--
Motocicletas	--	146	20	14	0,50	4,25
Gasolina	215.518	--	--	--	--	--
Etanol hidratado	11.185	--	--	--	--	--
Diesel	406.524	--	--	--	--	--
Total	633.227	184	74	19	1,07	4,25

¹Comerciais leves, ônibus e caminhões.

As emissões por fase tecnológica definida pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT) não foram consideradas neste inventário e podem ser consultadas na PCPW Acre (ACRE, 2011c).

3.3. Mudança de uso da terra e florestas

Para esta seção do inventário seguiram-se as recomendações da primeira comunicação do Brasil à Convenção (BRASIL, 2004), realizando uma abordagem mais detalhada adaptada do Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003) que demanda observações espacialmente explícitas do uso da terra e das mudanças associadas.

As estimativas das emissões antrópicas líquidas por fontes e remoções por sumidouros de CO₂ associadas à mudança do uso da terra e florestas entre dois instantes de tempo consideram todos os compartimentos de carbono (biomassa viva acima do solo, biomassa viva abaixo do solo (raízes), galhos finos e folhas mortas (serapilheira fina), galhos grossos mortos (serapilheira grossa) e o carbono de solo), conforme propõe o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003).

No presente inventário foram tomadas como base as emissões líquidas médias para o período compreendido entre os anos de 2004 a 2010. A estimativa de desmatamento utilizada para 2004 foi realizada com imagens que permitiram, inclusive, avaliar o desmatamento deste ano, ou seja, com data-base de setembro de 2004. Como o uso da terra em 2010 considera o desmatamento realizado também neste ano, o intervalo de tempo considerado nos cálculos foi de 6 anos (de 2004 a 2010).

3.3.1. Metodologia

3.3.1.1. Representação de áreas

Para elaboração deste inventário foi usado o Tier 2 (PENMAN et al., 2003), que requer observações espacialmente explícitas de mudança do uso da terra. Todo o território acreano foi analisado e os resultados obtidos a partir da integração dos seguintes planos de informação:

- Municípios (ACRE, 2010b).
- Tipologias florestais (ACRE, 2010b).
- Solos (EMBRAPA, 2011).
- Uso da terra em 2004 (ACRE, 2010b).
- Uso da terra em 2010 (ACRE, 2011b).

Ressalta-se que, na análise do uso da terra em 2004 e 2010, foi considerada a área oficial do Estado do Acre em 2010, cujo valor é de 164.422 km².

3.3.1.2. Cálculo das emissões e remoções

A base fundamental para o cálculo considera dois pressupostos fundamentais (HOUGHTON et al., 1996):

- O fluxo de CO₂ para a atmosfera é igual às mudanças nos estoques de carbono em determinado período de tempo.

- As mudanças nos estoques de carbono podem ser estimadas, determinando-se as taxas de mudança do uso da terra e o impacto dessas práticas sobre os estoques.

A estimativa das emissões de CO₂ em um determinado período de tempo é realizada por meio da avaliação da diferença de estoques de carbono entre o início e o final do período para cada transição de uso da terra definido (PENMAN et al., 2003) no Estado do Acre.

O balanço das perdas e ganhos de carbono nos compartimentos (biomassa e no solo) para o período de 2004-2010 foi obtido por meio de dois processos distintos:

- Estimativa das emissões e remoções relativas à mudança de estoque de biomassa viva (acima e abaixo do solo) e matéria orgânica morta (serapilheira fina e grossa).
- Estimativa das emissões e remoções relativas à mudança de estoque de carbono do solo.

O cálculo toma como base a equação 1 do Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003), reproduzida a seguir.

$$\Delta C = \sum_{ijk} (C_{t_2} - C_{t_1}) / t(t_2 - t_1)_{ijk} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

ΔC : mudança no estoque de carbono (em Mg C ano⁻¹).

ijk: índices que correspondem a tipo de clima i, tipo de vegetação j e prática de manejo k.

C_{t_1} : estoque de carbono em 2004 - t_1 (em Mg C).

C_{t_2} : estoque de carbono em 2010 - t_2 (em Mg C).

t_1 : tempo de referência no início da medição.

t_2 : tempo no qual foi feita a medida após t_1 .

A metodologia para estimativa da variação no carbono do solo tem como referência o valor de carbono médio do solo sob vegetação primária para cada uma das associações solo-vegetação definidas. De acordo com o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003), foi considerado que o ganho ou perda de carbono do solo tem uma permanência de 20 anos, de acordo com a equação 2 a seguir:

$$ES_i = A_i \times C_{\text{solo}} \times (fc(t_0) - fc(t_1)) \times (T/2) / 20 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

ES_i: emissão líquida do polígono i no período T devido à variação no carbono do solo (t Q).

A_i: área do polígono i (hectare - ha).

C_{solo}: conteúdo de carbono do solo sob a associação solo-vegetação do polígono (Mg C ha⁻¹).

fc_t: fator de alteração de carbono do solo no instante t (dimensional).

t/2 = Meia vida do carbono no sistema

O fator de alteração de carbono é definido pela equação 3 (BRASIL, 2010):

t_0 = tempo de referência ou sistema primário

$$fc(t) = f_{LU} \times f_{MG} \times f_1 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$f_c(t)$ = fator de alteração de carbono

f_w : fator de alteração de carbono pelo uso da terra;

f_{MG} : fator de alteração de carbono pelo regime de manejo;

f_i : fator de alteração de carbono pelas adições de matéria orgânica.

Os fatores de alteração para o Estado do Acre foram definidos a partir de estudo locais.

3.3.2. Dados

3.3.2.1. Mapa do uso da terra

A informação do uso da terra foi obtida a partir da interpretação visual de imagens de satélite Landsat (bandas 3, 4 e 5), gerando-se mapas para os anos de 2004 e 2010. Na construção de um cenário de evolução do uso da terra foram utilizadas informações do Zoneamento Ecológico Econômico do Acre para o ano de 2004; e em relação a 2010 foi construída uma base de uso da terra especificamente para este inventário, a partir do histórico do desmatamento do Acre de 1988-2010 (ACRE, 2010b).

3.3.2.2. Estoque de carbono da biomassa viva e matéria orgânica morta

As equações utilizadas para cálculo de biomassa nas florestas maduras foram desenvolvidas por Brown (1997), cujos coeficientes de correlação entre diâmetro e biomassa são de 0,84 (árvores com diâmetro entre 5 cm e 148 cm de diâmetro) e de 0,97 para árvores com mais de 150 cm de diâmetro. Essas equações foram selecionadas pelos seguintes motivos:

- Foram desenvolvidas para florestas tropicais úmidas e próprias para as faixas de diâmetro das árvores amostradas.
- Não incluem a altura da árvore no cálculo, cuja medida no campo é uma fonte de erro.
- São equações já utilizadas em outros trabalhos na Amazônia Ocidental e Oriental, possibilitando uma melhor comparação dos resultados deste inventário com os de outras regiões da Amazônia.

As equações 4 (árvores com $5\text{ cm} \leq \text{DAP} < 160\text{ cm}$) e 5 (árvores com $\text{DAP} \geq 160\text{ cm}$) foram utilizadas para cálculo da Biomassa Viva Acima do Solo:

$$Y = 42,69 - 12,8 \times (\text{DAP}) + 1,242 \times (\text{DAP}^2) \quad \text{Equação 4}$$

$$Y = \exp\{-2,134 + 2,53 \times \ln(\text{DAP})\} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

Y= peso seco (kg).

DAP= diâmetro à altura do peito ou 1,3 m do solo (m).

Para os cálculos de biomassa abaixo do solo, foi utilizada a estimativa de Malhi et al. (2009) que sugere um fator adimensional de 0,21 em relação à BVAS, ou seja, a biomassa abaixo do solo corresponde a 21% da biomassa aérea.

Na construção dos dados de uso da terra de 2010 também foi inserida uma correção proposta em BRASIL (2010) a qual considera que a serapilheira corresponde a 3% da biomassa viva total (acima e abaixo do solo).

Os dados de BVAS da vegetação foram baseados nos inventários florestais e mapa de tipologias florestais do Zoneamento Ecológico Econômico Fase II (ACRE, 2010b) e sistematizados por Salimon (2009) e Salimon et al. (2011) (Tabela 6).

Tabela 6. Biomassa viva acima do solo (BVAS ± desvio padrão) e biomassa abaixo do solo (BS) para as tipologias florestais do Estado do Acre.

Cober tura	BVAS	BS	Porcen tagem da área do Acre
	----- (Mg ha ⁻¹) -----		(%)
Campinaranas	20 ± 30	4,2	0,03
FAB -aluvial	193 ± 63	40,5	0,93
FAB + FAP	187 ± 52	39,2	21,16
FAB + FAP + FD	275 ± 106	57,7	3,12
FAB + FD	274 ± 19	57,6	2,03
FABD	193 ± 15	40,5	8,59
FAP	303 ± 28	63,6	2,36
FAP -aluvial	219 ± 20	45,9	4,89
FAP -aluvial+ Pab	219 ± 20	45,9	0,22
FAP -aluvial+ Vs	219 ± 20	45,9	0,12
FAP + FAB	234 ± 76	49,2	11,47
FAP + FAB + FD	275 ± 77	57,7	11,26
FAP + FD	252 ± 51	52,8	8,86
FAP + FD + FAB	275 ± 77	57,7	5,34
FAP + Pab	219 ± 20	45,9	0,05
FD	329 ± 15	69,0	0,26
FD -submontana	85 ± 00	17,9	0,43
FD + FAP	316 ± 23	66,3	4,60

FAB - aluvial: floresta aluvial aberta com bambu; FAB + FAP: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras; FAB + FAP + FD: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAB + FD: floresta aberta com bambu + floresta densa; FABD: floresta aberta com bambu dominante; FAP: floresta aberta com palmeiras; FAP - aluvial: floresta aluvial aberta com palmeiras; FAP - aluvial + Pab: floresta aluvial aberta com palmeiras + formações pioneiras; FAP - aluvial + Vs: floresta aluvial aberta com palmeiras + vegetação secundária; FAP + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu; FAP + FAB + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu + floresta densa; FAP + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAP + FD + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta densa + floresta aberta com bambu; FAP + Pab: floresta aberta com palmeiras + formações pioneiras; FD: floresta densa; FD - submontana: floresta densa submontana; FD + FAP: floresta densa + floresta aberta com palmeiras.

Fonte: Adaptado de Salimon et al. (2011)

3.3.2.3. Carbono dos solos

Neste inventário foram adotadas as medianas dos estoques de carbono obtidas por classe de solo para a profundidade de 0 m a 1 m (MELO, 2003), resultado do produto da densidade aparente pelas concentrações de carbono em cada classe de solo (Tabela 7).

Tabela 7. Estoque de carbono (kg m^{-2}) até 1 metro de profundidade nas classes de solos de ocorrência no Estado do Acre.

Classes de solos	C (kg m^{-2})
Luvissolos Crômicos	75 ± 1,1
Luvissolos Hipocrômicos	71 ± 1,4
Vertissolos Ebânicos	11,3 ¹
Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos	5,9 ± 1,6
Cambissolos Háplicos Ta Distróficos	6,9 ± 1,5
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	6,4 ± 2,1
Cambissolos Háplicos	8,9 ± 1,4
Argissolos Vermelhos Distróficos	6,8 ± 1,4
Argissolos Amarelos Distróficos	5,8 ± 1,3
Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	6,1 ± 1,9
Nitossolos Háplicos Distróficos	5,9 ± 2,5
Nitossolos Vermelhos Distróficos	5,8 ± 1,0
Alissolos Crômicos	6,8 ± 1,3
Alissolos Hipocrômicos	7,8 ± 1,6
Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos	6,3 ± 2,1
Gleissolos Háplicos Ta Distróficos	7,4 ± 3,7
Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos	5,2 ± 1,0
Plintossolos Háplicos Ta Distróficos	7,7 ± 1,4
Plintossolos Argilúvicos Ta Distróficos	6,6 ± 0,8
Latossolos Vermelhos Distróficos	5,9 ± 1,7
Latossolos Amarelos Distróficos	7,6 ± 1,3

¹Somente um perfil foi analisado (sem repetição).

Fonte: Adaptado de Melo (2003).

Cada unidade de mapeamento é composta por uma ou mais classes de solos. Dessa forma, considerando a base pedológica do Zoneamento Ecológico Econômico (ACRE, 2010b), as classes foram distribuídas de acordo com a sua participação nas unidades de mapeamento e obtidos seus respectivos estoques.

3.3.2.4. Definição dos fatores de emissão e outros parâmetros necessários à estimativa das emissões e remoções de CO₂

Nesta seção são apresentados os valores específicos adotados nas equações para estimativa das mudanças de estoque de carbono no período 2004-2010. Foram utilizados valores específicos do Acre, sempre que possível, e não valores *default* (Tier 1) (PENMAN et al., 2003).

a) Incremento médio anual de carbono em áreas de vegetação secundária

Para essa estimativa os resultados de dois estudos foram considerados: o de Palm et al. (2000), no qual foi obtida uma taxa de incremento de carbono em áreas de regeneração natural de 3,9 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e em áreas de posúio melhorado de 6,9 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹; e o de Salimon e Brown (2000), que obtiveram um crescimento de capoeiras de 6-12 anos com taxa de incremento de 2 a 3 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e de capoeiras de 30 anos de 1,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹.

Os estudos de Oliveira e Ribas (2011) sobre clareiras no Acre demonstram que, pelo menos nos primeiros 12 anos, o crescimento tende a ser linear. Depois, a tendência é de diminuição gradativa no acúmulo anual de carbono, concordando com Salimon e Brown (2000). Dessa forma, para este inventário foi adotada uma taxa de incremento para capoeiras novas (≤ 12 anos de idade) de 2,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e para capoeiras velhas (> 12 anos) de 1,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹.

b) Estoque médio de carbono em áreas de vegetação secundária

As florestas secundárias foram incorporadas numa única categoria de uso, nos anos de 2004 e 2010. Em 2004, a estimativa do estoque médio de carbono considerou que a biomassa dessas florestas contém cerca de 35% da quantidade de carbono presente em florestas primárias (BRASIL, 2010).

Em 2010, em função do histórico do desmatamento, foi possível estratificar as florestas secundárias de acordo com o tempo de desmatamento. Dessa forma, considerando os dados de Salimon e Brown (2000), Brasil (2010) e Salimon et al. (2011), foi realizada interpolação para definir estoques médios em florestas secundárias no Acre (60 Mg C ha⁻¹). A partir desse dado médio, obteve-se a estimativa de biomassa para capoeiras de 1 ano (10 Mg C ha⁻¹) até capoeiras com 23 anos (124 Mg C ha⁻¹).

c) Estoque médio de carbono em área de pastagem plantada

Foram adotados os valores de 5,7 Mg C ha⁻¹ e 6,4 Mg C ha⁻¹ para as pastagens tradicionais e melhoradas, respectivamente, conforme os estudos de Palm et al. (2000), para a definição do conteúdo médio de carbono em pastagens plantadas na Amazônia Ocidental.

d) Estoque de carbono em áreas agrícolas

Para obtenção dos estoques médios de carbono em área agrícola, bem como de incremento médio anual de carbono em área agrícola em formação, foram utilizadas as referências de Palm et al. (2000) e do Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2003), visando obter um valor médio de 9 Mg C ha⁻¹ e incremento de 1,3 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹.

e) Estoque de carbono na biomassa em reservatórios e áreas urbanas

Foi assumido o valor de zero para carbono na biomassa em áreas urbanas e de espelhos de água.

f) Fator de alteração do carbono de solos

Os fatores de alteração de carbono no solo foram definidos com base nos estudos de Araújo et al. (2011) e de Salimon et al. (2009), em pastagens plantadas no Acre, os quais concluíram que a conversão de florestas primárias para outras formas de uso da terra pode resultar na emissão de 20% a 40% do carbono armazenado no solo até um metro de profundidade. Associado a esses estudos foram considerados os resultados de Salimon et al. (2007) em pastagens e capoeiras, que demonstraram variações significativas de estoque nesses usos da terra.

Os estudos de Palm et al. (2000) revelaram também os fatores de conversão para usos específicos encontrados os quais foram utilizados no presente inventário. A partir desses dados e resultados de pesquisa local, foram definidos os fatores de alteração para os usos utilizados no presente inventário, a cada ano (uma vez que eram usos estratificados de forma diferente tanto para 2004 quanto para 2010), conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Fatores de alteração ou correção (FC) do carbono de solos com a mudança do uso da terra no Estado do Acre.

Uso da terra	FC
Floresta	1.00
Capoeira	0.72
Pastagem	0.77
Agricultura	0.89
Espelho d'água	0.00
Mancha urbana	0.00
Praia	1.00
Outros	0.80

3.3.3. Resultados

São apresentadas, a seguir, as estimativas de CO_2 obtidas para o Estado do Acre expressas em Mg ha^{-1} (considerando o fator de transformação de C para CO_2 de 3,67). Essas estimativas consideram três variáveis principais: mudança do uso da terra no período de 2004 a 2010, que incorpora o desmatamento realizado neste ano, sendo dessa forma o período útil de análise de 6 anos; b) emissão líquida do solo; c) variação do estoque. Também foi feito o cálculo da emissão bruta de CO_2 produzida pelo desmatamento ocorrido em 2010.

a) Área de transição

Os resultados demonstraram um erro de inclusão de 0,5% para a matriz de transição de uso da terra, tendo como aferido a área de floresta classificada no ano de 2010, que em 2004 tinha sido classificada como outros usos. Também demonstraram um erro de 2,5% de quantificação correspondente à variabilidade na área total estimada. De 2004 a 2010 (período de 6 anos) foram convertidos 48.871 ha de floresta primária para outros usos da terra, correspondendo a uma média de 73.118 ha desmatados por ano, condicionando uma taxa anual de desmatamento de 0,44%. Em 2010 foi atingido o patamar de 59.745 ha desmatados, correspondendo a uma taxa anual de 0,36%, superior a 2009, mas inferior à taxa média do período de 2004–2010 em 18%.

Nesse período, a floresta acriana reduziu 2,5% de sua área, convertendo a maior parte dela em pastagem (59%). Da floresta desmatada no período, 23% formaram florestas secundárias e 14% foram utilizados para agricultura.

Do total de área ocupada por floresta secundária em 2004, 66% foram convertidos em pastagens no ano de 2010. Das áreas de pastagens, 97.474 ha foram convertidos em capoeira em 2010 (Tabela 9), indicando um nível de degradação alto.

As áreas com pastagens, agricultura e capoeira aumentaram 20%, 50% e 2%, respectivamente, no período de 6 anos (2004 a 2010), indicando uma maior diversificação de uso da terra, principalmente o incremento de áreas com agricultura.

As áreas com pastagens, agricultura e capoeira aumentaram 20%, 50% e 2%, respectivamente, no período de 6 anos (2004 a 2010), indicando uma maior diversificação de uso da terra, principalmente o incremento de áreas com agricultura.

O ano de 2010 também foi atípico com relação à época da seca, uma vez que o período de estagem teve a mesma intensidade que a seca de 2005, permitindo a entrada de fogo em floresta primária. Segundo dados da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Acre – sala de situação do ano de 2010 – 24.181 ha de floresta apresentaram copa afetada por fogo, ou seja, o fogo entrou na área de floresta e queimou parte da copa das árvores, sendo possível visualizar o efeito em imagens de satélite de média resolução.

Em 2010 as capoeiras foram estratificadas em idade (de 1 a 23 anos) o que permitiu construir uma base de dados para o próximo inventário, no qual será possível fazer uma matriz de transição que permita visualizar com mais detalhes os efeitos de remoção de CO₂ da atmosfera pelas capoeiras. As capoeiras no Acre em 2010 representavam 230.272 ha, com 24% dessa área ocupada com capoeiras velhas (≥ 23 anos).

b) Emissão líquida devido à variação do carbono no solo

Para a estimativa de emissão líquida, considerando uma escala de 1:250.000 do mapa de solos, a incerteza situa-se no patamar de ± 15%. De 2004 para 2010 foi obtida uma emissão antrópica líquida de carbono do solo de 7530 Gg de CO₂, dos quais 43% (3.272 Gg CO₂) foram oriundos do desmatamento de floresta primária para o estabelecimento de pastagens (Tabela 10).

A matriz de transição demonstra áreas de pastagem em 2004 que permaneceram como pastagens em 2010, porém com uma dinâmica de ganho de carbono. Nesse período houve mudanças de idade de estabelecimento das pastagens condicionando um incremento do carbono do solo em 3.522 Gg CO₂ em função de pastagens mais novas se transformando em pastagens mais velhas.

A área de agricultura em 2004, transformada em pastagem em 2010, liberou 266 Gg CO₂, demonstrando um decréscimo nas emissões em função da absorção líquida de 84 Gg na mudança de pastagens e capoeiras para áreas agrícolas, devido ao aumento de carbono via práticas agrícolas relacionadas ao manejo do solo. Nesse caso, ressalta-se o processo de conversão de capoeiras e pastagens e a incorporação de resíduos via mecanização.

Na emissão líquida ressalta-se a inclusão de cerca de 8% de emissões como redução, devido à classificação em 2004 de áreas como capoeira, pastagem e agricultura e que foram reclassificadas para floresta em 2010, em função do aumento da acurácia das medições de uso da terra no Estado do Acre.

Em relação às capoeiras, nas áreas em que se manteve a classificação em 2004 e 2010, houve uma dinâmica quanto ao aumento de idade de conversão, condicionando uma absorção líquida de 97 Gg de CO₂ no solo.

c) Mudança do estoque de carbono

No período de 2004 a 2010, o Estado do Acre reduziu em 30.137 Gg seu estoque de carbono presente na vegetação, principalmente em função da redução da área com cobertura florestal, convertida para outros usos (Tabela 11).

As pastagens contribuíram com 73% da redução dos estoques de carbono aéreo no período de 2004 a 2010, uma vez que esse é o principal uso da terra após o desmatamento no Acre.

As florestas, permanecendo nessa classificação, reduziram os estoques em 1.441 Gg CO₂ em função da classificação realizada em 2010 para limites das tipologias, condicionando um ajuste de maior acurácia nas tipologias florestais e seus respectivos estoques. Assim, embora a classificação da matriz onde se tem floresta em 2004 e também floresta em dezembro de 2010 caracterize uma mesma tipologia de uso, os seus limites foram revisados, o que condicionou um ajuste para menos no estoque total.

Tabela 9. Uso da terra (em hectares) em 2004 e 2010 no Estado do Acre.

Uso 2004	Uso 2010 (ha)								Total 2004 (ha)
	Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho d'água	Mancha urbana	Praia	Outros	
Floresta	14.079.124	102.956	261.606	60.535	13.614	0	0	0	14.517.835
Capoeira	47210	23.713	149.726	3.920	1.604	0	0	0	226.173
Pastagem	3.838	97474	1.450.685	22.138	5.602	0	0	0	1.579.737
Agricultura	18576	5.989	32.046	1.484	711	0	0	0	58.806
Espelho d'água	0	0	0	0	25.711	0	0	0	25.711
Mancha urbana	0	0	0	0	75	10.969	0	0	11.045
Praia	1	116	784	48	196	0	570	0	1.715
Outros	1	23	66	2	0	0	0	1.021	1.112
Total 2010 (ha)	14.148.750	230.271	1.894.913	88.127	47.513	10.969	570	1.021	16.422.134

Tabela 10. Emissão líquida de CO₂ devido à variação do carbono no solo pela transição de uso no período de 2004 a 2010 no Estado do Acre.

Uso 2004	Uso 2010 (Gg CO ₂)								Total 2004 (Gg CO ₂)
	Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho d'água	Mancha urbana	Praia	Outros	
Floresta	99	742	3.272	330	0	0	0	0	4.444
Capoeira	-494	-97	302	-20	0	0	0	0	-310
Pastagem	-11	-266	3.522	-64	0	0	0	0	3.181
Agricultura	-70	20	266	2	0	0	0	0	218
Espelho d'água	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Praia	0	1	9	0	0	0	0	0	10
Outros	0	0	0	0	0	0	0	1.021	-6
Total 2010 (Gg CO ₂)	-476	400	7371	248	0	0	0	1.021	7.537

Tabela 11. Mudança do Estoque de CO₂ devido à variação do carbono no solo pela transição de uso no período de 2004 a 2010 no Estado do Acre.

Uso 2004	Uso 2010 (Gg CO ₂)								Total 2004 (Gg CO ₂)
	Floresta	Capoeira	Pastagem	Agricultura	Espelho d'água	Mancha urbana	Praia	Outros	
Floresta	-1.441	-5.142	-22.266	-5108	-1239	0	0	0	-35.196
Capoeira	-6	737	-853	-19	-33	0	0	0	-174
Pastagem	3	4.115	1.000	41	-71	0	0	0	5.088
Agricultura	0	182	24	1	-9	0	0	0	149
Espelho d'água	0	0	0	0	-13	0	0	0	-13
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Praia	0	6	4	0	-1	0	0	0	9
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total 2010 (Gg CO ₂)	-1.444	-102	-22.139	-5.085	-1.366	0	0	0	-30.137

d) Emissão bruta

Analisando apenas o desmatamento do ano de 2010 verifica-se que houve uma emissão bruta de 20.612 Gg de CO₂, da qual a maior parte foi oriunda do desmatamento em floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras (19,5%), floresta aberta com palmeiras + floresta densa (18,3%) e floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu (11,5%), conforme a Tabela 12.

Tabela 12. Emissão bruta por tipologia florestal convertida no Estado do Acre no ano de 2010.

Variável	Emissões (Gg CO ₂)	
	Bruta	%
Campinaranas	0	0,0
FAB - aluvial	342	1,7
FAB + FAP	4.015	19,5
FAB + FAP + FD	1.141	5,5
FAB + FD	889	4,3
FABD	873	4,2
FAP	976	4,7
FAP - aluvial	2.491	12,1
FAP - aluvial + Pab	13	0,1
FAP - aluvial + Vs	86	0,4
FAP + FAB	2.380	11,5
FAP + FAB + FD	828	4,0
FAP + FD	3.775	18,3
FAP + FD + FAB	594	2,9
FAP + Pab	1	0,0
FD	0	0,0
FD - submontana	0	0,0
FD + FAP	2.004	9,7
Floresta não classificada	204	1,0
Total	20.612	100

FAB - aluvial: floresta aluvial aberta com bambu; FAB + FAP: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras; FAB + FAP + FD: floresta aberta com bambu + floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAB + FD: floresta aberta com bambu + floresta densa; FABD: floresta aberta com bambu dominante; FAP: floresta aberta com palmeiras; FAP - aluvial: floresta aluvial aberta com palmeiras; FAP - aluvial + Pab: floresta aluvial aberta com palmeiras + formações pioneiras; FAP - aluvial + Vs: floresta aluvial aberta com palmeiras + vegetação secundária; FAP + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu; FAP + FAB + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta aberta com bambu + floresta densa; FAP + FD: floresta aberta com palmeiras + floresta densa; FAP + FD + FAB: floresta aberta com palmeiras + floresta densa + floresta aberta com bambu; FAP + Pab: floresta aberta com palmeiras + formações pioneiras; FD: floresta densa; FD - submontana: floresta densa submontana; FD + FAP: floresta densa + floresta aberta com palmeiras.

Foram estimados os efeitos da seca de 2010 com relação aos incêndios florestais. Considerando que 24.181 ha de floresta apresentaram copa afetada por fogo e uma redução de 15 Mg C ha⁻¹ (AMARAL et al., 2012; BROWN, 2012¹) observa-se que houve uma emissão de 1.328 Gg CO₂ das florestas queimadas (Tabela 13).

Outra variável importante é a remoção de CO₂ pela regeneração natural. São 230.272 ha de capoeiras, sendo 43.931 ha de 1 a 6 anos e 192.140 ha de 7 a 23 anos ou mais. Essas capoeiras acumularam 1.433 Gg CO₂ no ano de 2010 (Tabela 13).

Tabela 13. Emissão líquida anual no Estado do Acre considerando o ano base de 2010.

Variável	Gg CO ₂
Emissão bruta pelo desmatamento	20.612
Emissão estimada pelos incêndios florestais	1.328
Remoção pela regeneração das capoeiras	-1.433
Emissão líquida	20.507

e) Resultados consolidados

O estoque total de carbono no Estado do Acre era de 3,22 bilhões de toneladas em 2004. Destes, 2,13 bilhões correspondem ao estoque presente na vegetação (66% do total). Em 2010, o estoque total de carbono foi reduzido para 3,17 bilhões de toneladas, significando uma perda no período (2004 a 2010) de aproximadamente 50 milhões de toneladas de carbono da vegetação e do solo, o que corresponde a uma taxa de emissão anual de 30.000 Gg CO₂ no período 2004 a 2010.

3.3.3.1. Precisão dos resultados

Os resultados apresentados têm como base uma grande diversidade de fontes, cuja incerteza é difícil de mensurar nesse caso, porém estima-se de maneira geral que ela seja de ±25% para um intervalo de confiança de 95%.

Um ponto crítico na base de dados de solos é a escassez de informações de campo de sua densidade aparente, além do uso de equações de regressão obtidas em outras regiões para sua estimativa.

Outro ponto importante é a necessidade de definição a campo das variações de estoque de carbono, a partir das mudanças de uso da terra. A utilização de cronossequências pode ser uma metodologia importante para definir os fatores de alteração do carbono.

Na área florestal, há necessidade de desenvolvimento de equações alométricas pelo método destrutivo, para obter uma visão dos estoques locais e regionalizados, que podem ser associadas a sensores remotos para construir uma visão integral da paisagem florestal, com maior acurácia.

O uso da terra deve ser associado a um banco de dados de pontos de uso com imagens de alta resolução para permitir o aumento da acurácia das análises de matrizes de transição.

São necessárias mais pesquisas para gerar estimativas com maior precisão dos fluxos de CO₂ provenientes dos solos no Acre.

3.4. Agropecuária

A agropecuária é responsável por 19,3% do valor adicionado total do Estado do Acre em 2008, correspondendo a 1 bilhão e 150 milhões de reais, sendo as atividades de pecuária e pesca responsáveis por 27,4% do valor adicionado por esse setor (ACRE, 2011b). Esses números associados à relevante participação das áreas de pastagem no total de desmatamento demonstram a importância da agropecuária para o balanço das emissões no Acre (Tabela 14).

Tabela 14. Valor adicionado do Estado e da atividade agropecuária (milhões de reais).

Sector e atividade econômica	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Valor adicionado total	3.041	3.626	4.108	4.388	5.047	5.952
Agropecuária	999	666	822	739	906	1.150
Agricultura, silvicultura e exploração florestal	386	424	568	456	628	835
Pecuária e pesca	213	241	255	283	278	315

Fonte: Acre (2011b)

As atividades agropecuárias geram emissões de gases de efeito estufa que ocorrem, principalmente, pela fermentação entérica nos ruminantes (emissão de CH_4) e pelo manejo de dejetos de animais (emissão de CH_4 e N_2O).

A queima parcial de resíduos agrícolas, como forma de manejo, produz emissões de CH_4 e N_2O , NO_x e CO . O incremento da área plantada com cana-de-açúcar no Acre foi de 73% entre 2006 e 2009. Entretanto, no Acre é permitida somente a colheita mecanizada, sendo proibida a queima dos resíduos da cana, o que pode representar um sumidouro de carbono, especialmente nos solos cultivados. Em relação à biomassa produzida como sumidouro é necessário descontar as emissões de outras etapas da cadeia produtiva e de transformação da cana-de-açúcar. Informações sobre a contabilidade dos ganhos e perdas de carbono no sistema sucroalcooleiro do Acre. Ainda não são conhecidas informações sobre a contabilidade dos ganhos e perdas de carbono no sistema sucroalcooleiro do Acre.

Nos solos agrícolas a emissão de N_2O ocorre principalmente pela deposição dos dejetos de animais em pastagem e também pelas práticas de adubação do solo, que incluem fontes de nitrogenados sintéticos e a adubação orgânica.

3.4.1 Pecuária

Na criação de animais, a produção de CH_4 é parte do processo de digestão dos herbívoros ruminantes (a fermentação entérica); o manejo dos dejetos gera emissões de CH_4 e de N_2O ; a utilização do esterco como fertilizante e a deposição no solo dos dejetos em pastagem produzem N_2O .

As categorias de animais consideradas pelo método recomendado pelo IPCC (HOUGHTON et al, 1996) incluem: animais ruminantes (gado de leite, e corte, búfalos, ovelhas e cabras) e não-ruminantes (cavalos, mulas, asnos e suínos). A categoria de aves é incluída apenas na estimativa das emissões pelo manejo de dejetos animais.

O total de cabeças do rebanho estadual em 2006 foi estimado em 2,78 milhões, sem contar as aves, que somam 1,25 milhão de cabeças. O rebanho bovino do Acre foi incrementado em 3,424% no período entre 1970 e 2006, representando 92% do rebanho total do estado em 2006 (Tabela 15).

Tabela 15. Efetivo de rebanhos por categorias no Acre de 1970 a 2006. (em cabeças).

Categoria	1970 ^a	1975 ^a	1980 ^a	1985 ^a	1995 ^a	2006 ^a	Varição 1970-2006 (%)
Bovinos	72.166	120.143	292.190	334.336	847.208	2.542.915	3.424
Bubalinos	10	96	484	625	919	3.099	30.890
Caprinos	1.071	843	2.183	2.947	4.798	11.010	928
Ovinos	13.925	11.243	14.914	22.798	40.258	53.673	285
Suínos	103.125	109.625	123.669	15.8558	161.181	168.028	63
Aves ^b	880	873	1.091	1.414	1.416	1.251	42

^aGalinhas, galos, frangas e frangos (em mil cabeças).

Fonte: IBGE (2006a², b³)

Segundo dados do Instituto de Defesa Agropecuária e Agroflorestal do Acre (Idaf), o rebanho bovino no Acre já atingiu 2,58 milhões de cabeças em 2010.

Em 2010, 96% do total de emissões de CH_4 pela pecuária acriana são atribuídas à fermentação entérica. Ressalta-se que para fins de cálculo considerou-se somente o rebanho bovino (Tabela 16).

Tabela 16. Emissões de CH₄ da pecuária no Acre no período 2005-2010.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Varição 2005-2010
	------(Gg)-----						%
Fermentação entérica	137,5	145,6	153,2	156,7	158,3	157,9	15
Manejo de dejetos	5,7	6,0	6,3	6,5	6,5	6,5	14
Emissões totais	143,2	151,6	159,5	163,2	164,8	164,4	15

As estimativas detalhadas das emissões por fermentação entérica e a partir de dejetos disposto em condições de campo são apresentadas a seguir.

3.4.1.1. Fermentação entérica

A produção de CH₄ é proveniente do processo digestivo dos animais ruminantes, ocorrendo em quantidades bem menores em outros herbívoros. A contribuição de animais não ruminantes para as emissões globais de CH₄ é considerada não significativa, representando apenas cerca de 5% das emissões totais pelos animais domésticos e silvestres (BRASIL, 2010).

A quantidade de emissão de CH₄ depende do tipo de animal, do tipo e da quantidade de alimento e seu grau de digestibilidade e da intensidade da atividade física do animal, em função das diversas práticas de criação.

Foram utilizados fatores de emissão para o gado bovino considerando as características de criação nacionais e as diferenças regionais (BRASIL, 2010). Os valores obtidos pelos estudos no Brasil mostraram-se superiores aos adotados pelo IPCC (HOUGHTON et al., 1996).

De acordo com as características da dieta, foi estimado que a emissão de CH₄ varia entre 4 e 12% da energia bruta do alimento ingerido, podendo ser considerada a média de 8%. Como a produção de CH₄ varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento ingerido, a diferença de várias modalidades e condições de sistemas de produção de animais domésticos resulta em diferentes percentuais de emissão de CH₄. O consumo de alimento está relacionado ao tamanho do animal, às condições ambientais, à taxa de crescimento e à produção (leite, carne, lã e gestação). Geralmente, quanto maior esse consumo, maior será a emissão de CH₄ e quanto melhor a qualidade da dieta, menor será essa emissão por unidade de alimento ingerido (BRASIL, 2010).

Além disso, é preciso considerar que os ruminantes experimentam variações sazonais no suprimento de alimento, considerando as alterações na qualidade das pastagens decorrentes da variação das condições climáticas, e de acordo com o tipo de solo. Dessa forma, é possível observar um padrão sazonal de ganho de peso na estação úmida (quente) e perda de peso no período seco (frio), que ocorre nos indivíduos com mais de 3,5 anos de idade.

Para a atividade leiteira no Acre, os sistemas de produção têm diferentes graus de especialização, com o predomínio de propriedades de subsistência, sem técnica e produção diária média inferior a 2,6 litros. A média da produtividade média estadual (2005-2010) é de 1,55 litro/animal¹ dia¹ (Tabela 17).

Tabela 17. Variáveis da produção leiteira no Estado do Acre.

Variável	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vacas ordenhadas (cabeças)	151.493	162.175	147.113	141.649	69.767	70.686
Produção de leite (mil litros)	79.665	98.096	80.489	70.054	42.595	41.059
Produção de leite (litro/vaca ordenhada ¹ ano ¹) ¹	526	605	547	495	611	581
Produção de leite (litro/vaca ordenhada ¹ ano ¹) ²	1,4	1,7	1,5	1,4	1,7	1,6
Produção de leite (litro/vaca/dia ¹) ²	2,1	2,5	2,3	2,1	2,6	2,4

¹Produção anual de leite dividida pelo número de vacas ordenhadas; ²produção anual de leite dividida pelo número de vacas ordenhadas e pelo número de dias do ano; ³produção anual de leite dividida pelo número de vacas ordenhadas e pelo número de dias do período de lactação estimado para o Acre em 240 dias.

Fonte: IBGE, 2010.

As emissões de outras categorias de animais (bubalinos, caprinos, ovinos, suínos e aves) não são consideradas neste inventário porque não foi possível confrontar as informações do IBGE com as do Idaf para o Estado do Acre, como feito para a categoria de bovinos (corte e leite). Essas categorias, embora representem quase 10% do rebanho total do Acre, exceto as aves, têm fatores de emissão variando de 5 kg CH₄/cabeça¹ ano¹ para caprinos e ovinos a 55 kg CH₄/cabeça¹ ano¹ para bubalinos, por exemplo, o que limita a extrapolação de suas contribuições para a emissão total de CH₄, aumentando ainda mais a incerteza dos resultados.

A contribuição média do gado de corte para a emissão de CH₄ entérico no período de 2005 a 2010 é de 94,6% em comparação ao gado de leite. A emissão de CH₄ entérico nesse período varia de 130,3 Gg (2005) a 149,7 Gg para o gado de corte e de 7,2 Gg (2005) a 8,6 Gg (2010) para o gado de leite (Tabela 18).

Tabela 18. Emissões de CH₄ por fermentação entérica em gado bovino de corte e leite no Acre no período de 2005-2010.

Tipo de animal	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(Gg)					
Corte	130,3	137,9	145,1	148,2	149,7	149,3
Leite	7,2	7,7	8,1	8,5	8,6	8,6
Total	137,5	145,6	153,2	156,7	158,3	157,9

3.4.1.2. Dejetos de animais

A principal fonte de emissão de CH₄ está relacionada aos dejetos animais tratados em condições anaeróbias. Isso ocorre devido à atividade de bactérias metanogênicas que atuam em condições anaeróbias produzindo quantidades relevantes de CH₄.

No Acre não existem instalações de tratamento de dejetos em condições anaeróbias. Os resíduos dos animais são depositados

na pastagem diretamente em campo, secam e são decompostos em condições aeróbias. Entretanto, logo após a defecação, o esterco é fonte de compostos de carbono de fácil decomposição, criando sítios de anaerobiose temporária e, portanto, com probabilidade para formação e emissão de CH_4 . O uso de esterco como fertilizante não é expressivo no estado.

A contribuição média do gado de corte para a emissão de CH_4 a partir de dejetos no período de 2005 a 2010 é de 88,8% em comparação ao gado de leite. A emissão de CH_4 a partir de dejetos nesse período varia de 5,1 Gg (2005) a 5,8 Gg para o gado de corte e de 0,6 Gg (2005) a 0,8 Gg (2010) para o gado de leite (Tabela 19).

Tabela 19. Emissões de CH_4 a partir de dejetos animais de gado bovino de corte e leite no Acre. Período de 2005-2010.

Tipo de animal	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	----- (Gg) -----					
Gado de corte	5,1	5,4	5,6	5,7	5,8	5,7
Gado de Leite	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8
Total	5,7	6,0	6,3	6,5	6,5	6,5

No Acre o uso de leguminosas consorciadas com as gramíneas vem contribuindo para: 1) a diversificação dos ecossistemas de pastagens cultivadas; 2) incorporação de nitrogênio de fixação biológica (FBN) ao sistema solo-planta-animal; 3) elevação da qualidade da dieta dos animais a pasto; e 4) aumento da produtividade animal e por área. Cerca de 480 mil ha de pastagens do Acre são consorciados com as leguminosas puerária e amendoim forrageiro (VALENTIM; ANDRADE, 2004). É necessário avaliar os impactos do uso de leguminosas em pastagens na emissão de CH_4 por fermentação entérica e de CO_2 e N_2O do solo, no estoque de carbono do solo e na dinâmica de nitrogênio nas condições ambientais do Acre.

3.5. Tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos

O Inventário de emissões de GEEs a partir do tratamento e disposição final de resíduos sólidos foi realizado à semelhança dos estudos feitos pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (Centro Clima) da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que resultaram nos inventários de GEEs dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, que por sua vez foram realizados segundo recomendado por IPCC (HOUGHTON et al., 1996), com as adaptações às circunstâncias regionais e estaduais.

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) nos municípios acreanos demonstra quantidades significativas de carga orgânica (ACRE, 2010c), que possibilitam a geração de CH_4 quando estes são dispostos em condições de anaerobiose.

No caso de município de Rio Branco, os RSUs foram encaminhados nas últimas duas décadas para o aterro controlado, localizado na estrada transacriana, e mais recentemente, para a Unidade de Tratamento de Resíduos (Utre), localizada no km 22 da BR-364, sentido Rio Branco- Porto Velho.

Para o cálculo das emissões de CH_4 foram utilizados os dados do Pegirs (ACRE, 2010c), da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (Semsur) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os cálculos consideram as atividades socioeconômicas realizadas em áreas urbanas dos 22 municípios acreanos no período de 2000 a 2010 na geração de RSUs. As seguintes fontes de emissões foram consideradas (ACRE, 2010c):

- Disposição final de resíduos sólidos urbanos em um aterro sanitário no Município de Rio Branco, correspondendo aproximadamente a 5% do total estadual de RSUs, e considerando volumes de massa efetivamente coletada.
- Disposição final de resíduos sólidos urbanos em áreas de disposição inadequada (lixões) nos demais 21 municípios acrianos, correspondendo aproximadamente a 95% do total estadual de RSUs (Figura 3).

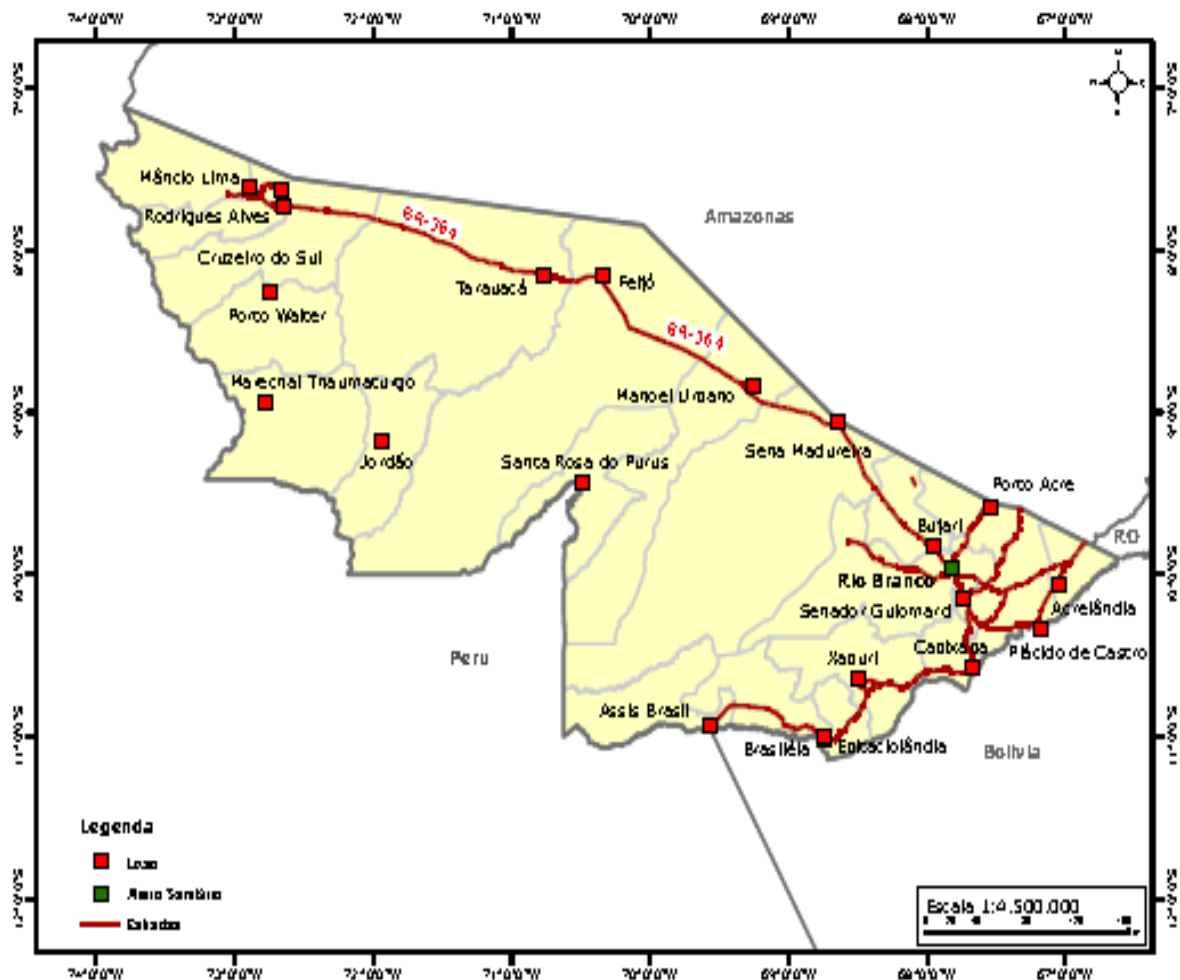


Figura 3. Localização das atuais disposições finais (lixões e aterros sanitários) no Estado do Acre.

Fonte: Acre (2010c)

Com exceção de Rio Branco, a falta de controle, quantificação e gerenciamento diário dos RSUs gerados nas áreas urbanas (unidades habitacional, comercial, industrial e hospitalar) dos municípios acrianos dificultam o conhecimento do total desses resíduos em qualquer escala temporal. A inexistência de balanças para pesagem de veículos nas áreas de disposição final dos RSUs torna mais incerta ainda essa estimativa.

Para as estimativas totais de RSUs no Estado do Acre foram levantados os volumes da massa efetivamente coletada pelos municípios, considerando que apenas a capital, Rio Branco, conta com equipamento específico para a pesagem desses resíduos. Os demais municípios conforme apresentado no Pegirs (ACRE, 2010c) não possuem balança de pesagem de caminhões coletores, sendo as estimativas dos volumes coletados efetuadas em função da capacidade volumétrica dos caminhões ou equipamentos de coleta e do número de viagens realizadas diariamente à área de disposição final.

Segundo dados do Pegris (ACRE, 2010c), a maior proporção dos resíduos domiciliares é composta por descartes da limpeza de quintais e jardins, seguida por descartes de estabelecimentos comerciais, de serviços de saúde e industriais.

Tabela 20. Estimativa da massa de RSU coletada diariamente nos municípios acreanos, distribuídos por regional de desenvolvimento.

Regional de desenvolvimento	Município	Massa coletada (Mg dia ⁻¹)	Forma de medição
Alto Acre	Assis Brasil	10,0	Estimativa visual
	Brasileia	24,0	Estimativa visual
	Epitaciolândia	5,0	Estimativa visual
	Xapuri	6,0	Estimativa visual
	Acrelândia	24,0	Estimativa visual
	Capixaba	8,0	Estimativa visual
	Bujari	5,0	Estimativa visual
Baixo Acre	Plácido de Castro	7,0	Estimativa visual
	Porto Acre	6,0	Estimativa visual
	Rio Branco	181,4	Balança rodoviária
	Senador Guiomard	24,0	Estimativa visual
	Cruzeiro do Sul	36,0	Estimativa visual
	Mâncio Lima	15,0	ND
Juruá	Marechal Thaumaturgo	SI	ND
	Porto Walter	SI	ND
	Rodrigues Alves	ND	ND
	Manoel Urbano	ND	ND
Purus	Santa Rosa do Purus	1,2	Estimativa visual
	Sena Madureira	18,0	Estimativa visual
	Feijó	20,0	Estimativa visual
Taruacá-Envira	Jordão	8,0	Estimativa visual
	Taruacá	20,0	Estimativa visual
Total		418,6	

SI = semi informação; ND = não determinado.

Fonte: Acre (2010c)

Os resíduos de madeira são presentes nos resíduos das regionais de desenvolvimento do Alto Acre, Baixo Acre e do Juruá. Já entulhos, resíduos comerciais e de serviços são destaques nas regionais Taruacá-Envira e Purus (Tabela 22).

Tabela 21. Resíduos de maior expressividade gerados nos municípios (segundo a classificação adotada no Acre), distribuídos por regional de desenvolvimento.

Regional de desenvolvimento	Município	Tipologia de RSUs gerados (exceto domiciliares)
Alto Acre	Assis Brasil	Entulho, comercial e RSS
	Brasileia	Entulho, comercial, RSS e resíduos de madeira
	Epitaciolândia	Entulho, comercial e RSS
	Xapuri	Entulho, comercial, RSS, resíduos de madeira, de castanhas e látex
	Acrelândia	Entulho, comercial e RSS
	Capixaba	Entulho, comercial e RSS
	Bujari	Entulho, comercial e RSS
Baixo Acre	Plácido de Castro	Entulho, comercial e RSS
	Porto Acre	Entulho, comercial, RSS e resíduos de madeira
	Rio Branco	-
	Senador Guimard	Entulho, comercial e RSS
	Cruzeiro do Sul	Entulho, comercial, RSS e resíduos de madeira
	Mâncio Lima	Entulho e RSS
Juruá	Marechal Thaumaturgo	SI
	Porto Walter	SI
	Rodrigues Alves	RSS
	Manoel Urbano	ND
Purus	Santa Rosa do Purus	Entulho, comercial e RSS
	Sena Madureira	Entulho, comercial e RSS
	Feijó	ND
Taruacá-Envira	Jordão	ND
	Taruacá	Entulho, Comercial e RSS

RSS= resíduos sólidos de serviços; SI= sem informação; ND = não determinado.

Fonte: Acre (2010c)

O Sistema Nacional de Informações do Setor de Saneamento (Snis, 2007) atribui 1,27 kg hab⁻¹ dia⁻¹ como a massa média coletada de RSU no Acre, considerando as faixas atribuídas conforme a população por município. O Pegirs (ACRE, 2010c) adotou, com base em informações levantadas junto aos municípios e no Censo Demográfico do ano de 2006, o valor de 1,0 kg hab⁻¹ dia⁻¹, ou seja, um valor 21% inferior ao estabelecido pelo Snis (2007). O Panorama 2010, no tema RSU (ABRELPE, 2010), apresenta equações regionais para obtenção da massa média coletada de resíduos sólidos urbanos por habitante.

Os cálculos deste inventário adotaram o valor estimado de 1,0 kg hab⁻¹ dia⁻¹ de massa coletada de RSUs na área urbana do Município de Rio Branco (ACRE, 2010c), valor com precisão significativa quando comparado com os dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (Semsur) para 2010.

Nos demais municípios foram adotados os valores gerados pela fórmula 1, proposta no panorama 2010 de RSUs no Brasil, para a região Norte (ABRELPE, 2010).

3.5.1. Emissões totais de GEEs dos RSUs

Os resultados das emissões de GEEs pela disposição final de RSUs nos 22 municípios do Estado do Acre são apresentados na Tabela 22, enquanto sua distribuição por regional de desenvolvimento consta na Figura 4.

Tabela 22. Emissões totais de CH₄ e CO₂ eq a partir de RSUs em 2010.

Disposição de RSUs	Emissões de CH ₄ (Gg)	Emissões de CO ₂ eq. (Gg)
Aterro sanitário	6,93	145,62
Lixões	2,13	44,76
Total	9,07	190,38

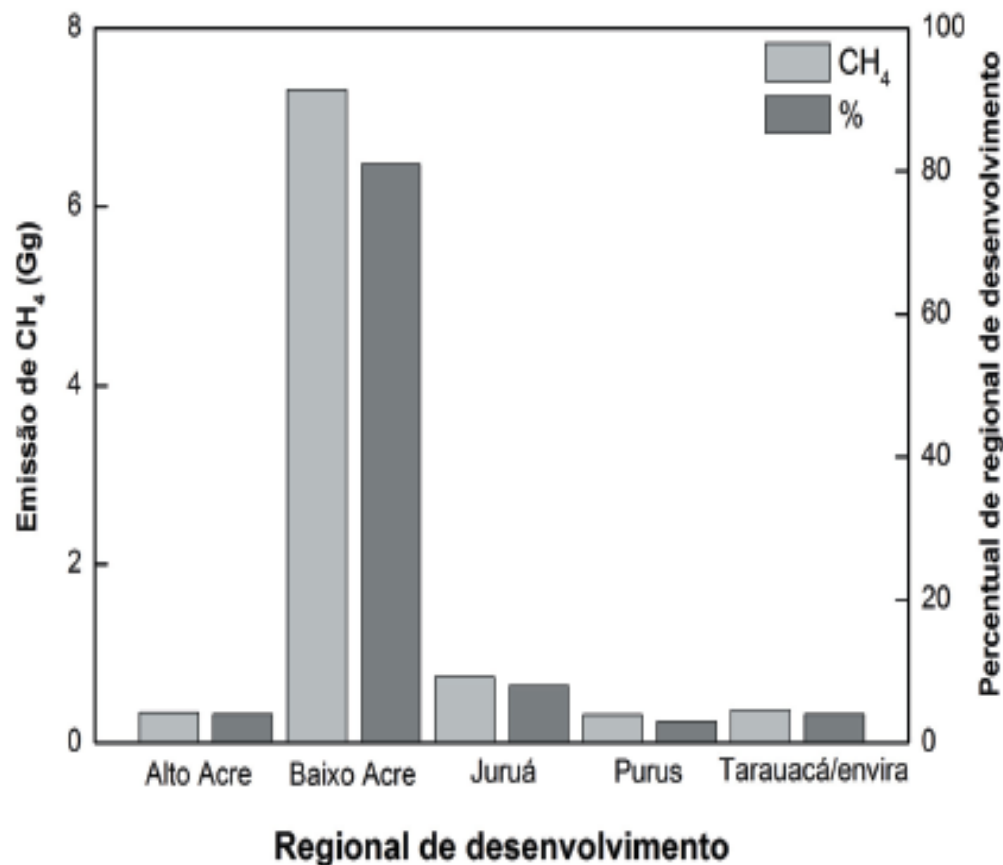


Figura 4. Emissões líquidas anuais de CH₄ e participação percentual por regional de desenvolvimento do Estado do Acre, 2010.

4. Incertezas das estimativas

Como nas Comunicações do Brasil à Convenção, "as estimativas de emissões antrópicas e remoções de GEEs, apresentadas neste inventário têm incertezas devido a diversas causas, desde a imprecisão de dados básicos utilizados até o conhecimento incompleto dos processos que originam as emissões ou remoções de GEEs" (BRASIL, 2004; 2010).

Conforme o Good Practice Guidance (PENMAN et al., 2000), a incerteza das estimativas não pode ser totalmente eliminada. O objetivo principal deve ser produzir estimativas acuradas, ou seja, que não sejam nem subestimadas nem sobre-estimadas, buscando, ao mesmo tempo e na medida do possível, aumentar a sua precisão.

Dessa forma, também neste inventário foram seguidas essas recomendações, e para a geração das estimativas apresentadas buscou-se tanto quanto possível assegurar que não apresentassem desvios ou tendências tanto para subestimativas quanto super-estimativas, ou seja, sem viés. Esse objetivo não pode ser totalmente alcançado, tendo em vista que os bancos de dados das instituições detentoras da maioria das informações necessárias para as estimativas não estão formatados ou possuem dados insuficientes.

À semelhança das comunicações do Brasil à Convenção, a precisão das estimativas do Estado do Acre depende de características de cada setor e, principalmente, dos dados disponíveis em termos de quantidade e qualidade. Dessa forma, o foco foram os setores mais relevantes em termos de emissões de GEEs. Em relação à mudança no uso da terra e florestas, a incerteza do inventário do Acre é próxima ($\pm 25\%$) à da segunda Comunicação do Brasil ($\pm 33\%$) (BRASIL, 2010).

A incerteza do inventário é função da carência e/ou formato não ajustado de informações associadas a cada um dos dados de atividade e fatores de emissão e outros parâmetros utilizados nas estimativas. A quantificação da incerteza de cada dado é uma informação tão ou mais difícil de avaliar quanto a própria informação desejada (BRASIL, 2004; 2010).

A análise geral para as fontes de incertezas deste inventário indica que um esforço significativo deverá ser realizado no futuro por especialistas de áreas específicas, buscando, por exemplo, gerar fatores de emissão específicos e para as condições de solo, vegetação e clima do Estado do Acre, melhorando a acurácia e precisão das informações básicas a serem utilizadas.

Referências

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2010. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2011. Acesso em: 30 ago. 2011.
- ACRE. DETRAN Acre. **Acre reduz em 22% número de vítimas em acidentes**. 2011a. Disponível em: http://www.detrان.ac.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=294:acre-reduz-em-30-numero-de-vitimas-em-acidentes-&catid=11:noticias&Itemid=86. Acesso em: 07 maio 2012.
- ACRE. DETRAN Acre. **Sistema de gestão de veículos**: quantidade de veículos por tipo: [relatório]. 2010a. 10 p. Não publicado.
- ACRE. **Uso da Terra em 2010**: base de dados geográfica. Rio Branco, AC: IMC, 2011b.
- ACRE. Programa Estadual de **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre**. Zoneamento ecológico-econômico do Acre: fase II: documento síntese: escala 1:250.000. Rio Branco, AC: SEMA, 2010b. 356 p.
- ACRE. **Plano de controle da poluição veicular no estado do Acre**. Rio Branco, AC: SEMA, 2011c. 62 p.
- ACRE. **Plano estadual de gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio Branco, AC: SEMA, 2010c. 166 p.
- AMARAL, E. F.; MATTOS, J. C. P.; BROWN, I. F.; BRITO, M. L. R. de; FORTES, L. P. K.; BUTZKE, A. G.; BARDALES, N. G.; COSTA, F. S.; LEAL, M. J. de los R.; OLIVEIRA, C. H. A. de; DEUS, C. E. de; PANTOJA, E.; NASCIMENTO, K. R. do; NASCIMENTO, S. da S.; NEVES, R. F. das; LIMA, K. da C. G.; AZEVEDO, M. N. de; SALIMON, C. I.; XAVIER, M. G.; MARANHO, A. S. Descrição das providências previstas ou tomadas para a implementação da -Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para as circunstâncias estaduais. In: COSTA, F. S.; AMARAL, E. F.; BUTZKE, A. G.; NASCIMENTO, S. da S. **Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012. cap. 3, p. 79-144.
- ARAÚJO, E. A. de; KER, J. C.; MENDONÇA, E. de S.; SILVA, I. R. da; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, n. 41, p. 103-114, 2011.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segunda comunicação nacional do Brasil à Convenção quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF, 2010. 520 p.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF, 2004. 274 p.
- BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. Rome: FAO, 1997.
- EMBRAPA. **Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**: sumário executivo. Brasília, DF: Embrapa: INPE, 2011. 38 p.

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; LIM, B.; TREANTON, K.; MAMATY, I.; BONDUK, Y.; GRIGGS, D. J.; CALLENDER, B. A. (Ed.). **Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. United Kingdom: IPCC, 1996. 3 v.

IBGE. Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários Acre: 1970/2006. In: _____. **Censo agropecuário 2006: resultados preliminares**. 2006a. p. 49. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2011.

IBGE. Efetivos dos rebanhos de grande porte em 31.12, segundo as grandes regiões e unidades da federação: 2006. In: _____. **Produção da pecuária municipal**, v. 34, 2006b. p. 28. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2006/ppm2006.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2011.

IBGE. **Produção da pecuária municipal**: 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2011.

MALHI, Y.; ARAGÃO, L. E. O. C.; METCALFE, D. B.; PAIVA, R.; QUESADA, C. A.; ALMEIDA, S.; ANDERSON, L.; BRANDO, P.; CHAMBERS, J. Q.; COSTA, A. C. L. da; HUTYRA, L. R.; OLIVEIRA, P.; PATIÑO, S.; PYLE, E. H.; ROBERTSON, A. L.; TEIXEIRA, L. M. Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forest: global change. **Biology**, v. 15, n. 5, p. 1255-1274, 2009.

MELO, A. W. F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo do Acre**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, A. C. **Estudo da emissão da frota de veículos ciclo Diesel e ciclo Otto, sem conversores catalíticos, nos municípios de Sorocaba e Votorantim**. 2009. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, M. V. N. D'; RIBAS, L. A. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1722-1731, 2011.

PALM, C. A.; WOOMER, P. L.; ALEGRE, J.; AREVALO, L.; CASTILLA, C.; CORDEIRO, D. G.; FEIGL, B.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J. MENDES, A.; MOUKAM, A.; MURDIYARSO, D.; NJOMGANG, R.; PARTON, W. J.; RICSE, A.; RODRIGUES, V.; SITOMPUL, S. M.; NOORDWIJK, M. van. **Climate change working group final report, phase II: carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humid tropics**. 2000. Disponível em: <http://www.asb.cgiar.org/publications/wgreport/s/wg_climatechange.asp>. Acesso em: abr. 2012.

PENMAN, J.; GYTARSKY, M.; HIRAISHI, T.; KRUG, T.; KRUGER, D. PIPATTI, R.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K.; WAGNER, F. (Ed.). **Good practice guidance for land use, land-use change and forestry**. Hayama: IPCC, 2003.

PENMAN, J.; KRUGER, D.; GALBALLY, I.; HIRAISHI, T.; NYENZI, S.; EMMANUL, S.; BUENDIA, L.; HOPPAUS, R.; MARTINSEN, T.; MEIJER, J.; MIWA, K.; TANABE, K. (Ed.). **Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories**. [Hayama?]: IPCC, 2000.

SALIMON, C. I. **Mapa do estoque de carbono no estado do acre**: primeira aproximação. Rio Branco: WWF/IUCN, 2009. 20 p. (Relatório Técnico)

SALIMON, C. I.; BROWN, I. F. Secondary forests in western Amazonia: significant sinks for carbon released from deforestation? **Interciencia**, Caracas, v. 25, n. 4, p. 198-202, 2000.

SALIMON, C. I.; PUTZ, F. E.; MENEZES-FILHO, L.; ANDERSON, A.; SILVEIRA, M.; BROWN, I. F.; OLIVEIRA, L. C. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a plan in Acre, Brazil. **Forest Ecology Management**, v. 263, n. 3, p. 555-560, 2011. doi:10.1016/j.foreco.2011.04.025.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em argissolos da formação geológica solimões, no sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, p. 29-38, 2007.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; ALVES, S. S. Decrease in carbon stocks in an oxisol due to land use in cover in southwestern Amazon. **Ambi-Água**, v. 4, p. 57-65, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2006. Brasília, DF: MCI/DADES.SNSA, 2007. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**, 2006. Brasília, DF: MCI/DADES.SNSA, 2007.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.; TIGNOR, M. M. B.; MILLER JR., H. L.; CHEN, Z. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, UK: IPCC, 2007. 996 p.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. Perspectives of grass-legume pastures for sustainable animal production in the tropics. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p.142-154.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2010. **WMO Greenhouse Gas Bulletin**, n. 7, 21 nov 2011.