



30 ANOS
INSTITUTO SOCIEDADE,
POPULAÇÃO E NATUREZA

Estimativa de emissões evitadas e remoções de dióxido de carbono (CO₂) em projetos apoiados pelo Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-ECOS) no Arco do Desmatamento

Consultoria

Felipe Eduardo Brandão Lenti

Brasília, dezembro de 2017



Sumário Executivo

Esse trabalho partiu do reconhecimento de que os resultados obtidos no âmbito do **PPP-ECOS/Fundo Amazônia** extrapolam os ganhos em termos de qualidade de vida para as famílias envolvidas e de conservação dos recursos naturais em escala local, pois muitos desses projetos promovem benefícios diretos em termos de mitigação às mudanças climáticas. Quantificar esses benefícios, entretanto, nem sempre é simples quando se trata de projetos cujo enfoque operacional não está em indicadores voltados para a questão climática, mas voltados para questões de desenvolvimento das comunidades em termos ambientais e socioeconômicos.

A metodologia aqui apresentada se propõe a quantificar benefícios em termos de emissões evitadas e de remoção de dióxido de carbono da atmosfera associadas às atividades executadas pelos projetos. No caso de emissões evitadas, a estimativa consistiu em comparar, com base em levantamento de valores na literatura, o estoque de carbono na vegetação conservada com o estoque definido para um cenário de linha de base.

A premissa é de que a ausência das atividades de manejo sustentável acarretaria na necessidade, das famílias, de abrirem pequenas áreas para produção (uma média estimada de dois hectares por ano). Indicadores do histórico de uso da terra em escala municipal serviram para definir a classe de uso no cenário da linha de base e para avaliar comparativamente a adicionalidade dos projetos, critério este usado para definir a extensão da área convertida na linha de base.

A estimativa do total de emissões evitadas pelos 15 projetos avaliados é de 250.200 tonCO₂e, correspondendo ao desmatamento evitado em ambientes de floresta ao longo de dois anos. Para quantificar benefícios em termos de remoção de dióxido de carbono da atmosfera foram usados valores reportados na literatura para incremento da biomassa em vegetação nativa, em agroecossistemas tradicionais e em projetos de restauração ecológica. Foi necessário agregar dados referentes a mais de uma fonte para compor o valor de incremento anual da biomassa nos casos de práticas de manejo pouco contemplados pela literatura e/ou específicos da realidade na Amazônia. A estimativa é de que os 28 projetos avaliados tenham contribuído com remoção de 453.775 toneladas de CO₂ por ano, considerando tanto os projetos de manejo sustentável e conservação da vegetação nativa como projetos voltados para restauração ecológica.

ÍNDICE

1	Apresentação	1
2	Metodologia	2
2.1	Emissões evitadas	2
2.2	Remoções de CO ₂	7
3	Resultados	10
3.1	Estimativas de emissões evitadas	10
3.2	Estimativas de remoções de CO ₂ da atmosfera	13
4	Referências Bibliográficas	17

1 Apresentação

O Programa de Pequenos Projetos Eossociais na Amazônia (PPP-ECOS)¹ consegue aliar conservação e desenvolvimento por meio de apoio a iniciativas de base comunitária e da sociedade civil organizada que proponham atividades de uso sustentável dos recursos da floresta. Além dos benefícios para as comunidades e dos ganhos ambientais em escala local, várias dessas atividades promovem benefícios diretos em termos de mitigação das mudanças climáticas globais, como restauração ecológica (remoções de dióxido de carbono – CO₂) e manutenção de estoques de carbono (C) (Altieri 2004; Boyd et al. 2007; Thompson 2011; Maisharou et al. 2015).

Quantificar esses benefícios nem sempre é simples quando se trata de projetos cujo enfoque operacional não está nos indicadores voltados para a questão climática, mas em executar ações de uso sustentável que promovam qualidade de vida junto com a conservação da vegetação nativa. Isso porque os protocolos disponíveis são, em sua maioria, voltados para projetos orientados especificamente por indicadores de redução das emissões ligadas à perda por desmatamento e degradação de ecossistemas naturais (REDD+), gerando créditos de carbono (Daviet & Ranganathan 2005; Estrada 2011; Pearson et al. 2013).

Já há metodologias pensadas para aplicação em projetos de base comunitária com foco em uso sustentável e conservação, ao invés da questão do carbono, como é o caso das plataformas *web AFOLU-Calculator* e *Carbon Benefits Project*. Esses protocolos, entretanto, prevêm a obtenção sistemática de informações geográficas, mensurações recorrentes em campo e alocação de recursos em monitoramento da dinâmica de carbono na área de influência dos projetos, o que representa uma desvantagem em projetos como os do PPP-ECOS, cuja prioridade reside na alocação de recursos para execução de atividades que melhorem a qualidade de vida de populações, em termos ambientais e socioeconômicos, e cujos indicadores focam primordialmente em avaliar a melhoria de vida das famílias, renda e área sob manejo sustentável. A metodologia aqui apresentada estima ganhos em termos de emissões evitadas (desmatamento) e remoções de CO₂ com base no uso de informações locais sobre os ecossistemas influenciados por cada projeto, em metodologias publicadas para quantificação de benefícios em termos de carbono (*IPCC 2006, USAID-AFOLU Calculator, GEF-Carbon Benefits Project*, protocolos para projetos do tipo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, etc.) e em revisão de estudos quantitativos sobre estoques e fluxos de carbono em agroecossistemas e ecossistemas naturais na Amazônia. Foram estimadas as emissões evitadas e as remoções de CO₂ em 28 projetos que executaram atividades de restauração ecológica, manejo agroecológico e/ou uso sustentável aliado à conservação da vegetação nativa.

¹ PPP-ECOS na Amazônia – Fase 1

2 Metodologia

Inicialmente foram examinadas informações sobre 43 projetos apoiados pelo PPP-ECOS no Arco do Desmatamento², previamente selecionados por apresentarem atividades que potencialmente contribuem para a questão climática global através de emissões evitadas e/ou remoção de CO₂. Para determinar o conjunto de projetos para os quais as estimativas seriam calculadas foram considerados os seguintes critérios: (a) maior aderência entre atividades propostas pelo projeto e benefícios em termos de carbono e (b) informação suficiente e disponível para caracterizar os ecossistemas nas áreas de influência e orientar a coleta de dados secundários de estoques e fluxos de C. A coleta de dados na literatura foi uma das etapas iniciais e se deu através de consulta a estudos quantitativos sobre estoque de C e taxas anuais de incremento da biomassa nos ecossistemas contemplados. Essa busca foi amplamente auxiliada pela extensa lista de referências bibliográficas compilada no âmbito do III Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2016). Para formas de manejo com viés agroecológico, como sistemas agroflorestais sucessionais e enriquecimento da floresta, o III Inventário não apresenta referências, resultando na necessidade de revisão mais extensiva de repositórios de publicações científicas, como periódicos, teses e dissertações.

Os 15 projetos escolhidos para estimativas de emissões evitadas foram, prioritariamente, aqueles cujas atividades de manejo se deram nas próprias áreas de vegetação nativa avaliadas, como extrativismo e monitoramento para conservação, sendo eliminados aqueles projetos que indiretamente promovem a manutenção de floresta em pé por apoiar formas alternativas de geração de renda, porém sem atividades executadas nas áreas de vegetação nativa. Em geral, os projetos selecionados para cálculo de estimativas de remoção de CO₂ foram aqueles que disponibilizaram informação suficiente para detalhar os ecossistemas envolvidos e as práticas de manejo aplicadas, em um total de 13.

2.1 Emissões evitadas

O cálculo de emissões evitadas parte da premissa de que haveria emissão do estoque de C na vegetação via desmatamento, em caso de ausência das atividades que apoiam uso sustentável e conservação da vegetação nativa nas áreas de influência dos projetos. No contexto do PPP-ECOS no Arco do Desmatamento, a maioria das comunidades apoiadas tem seu território inserido em paisagens de forte pressão para conversão de floresta em áreas de uso agropecuário. Para operacionalizar a noção de adicionalidade, cálculos de emissões evitadas requerem definir uma linha de base comparativa, ou seja, um cenário representativo da situação esperada em caso de

² Os Projetos PPP-ECOS na Amazônia, foram financiados com recursos do Fundo Amazônia, no período de 2013 a 2017.

conversão da área avaliada. Nessa metodologia a linha de base é definida com base em taxas locais de desmatamento, número de famílias no projeto e estoques de C nas classes de uso da terra mais comuns regionalmente. A comparação entre linha de base e metas atingidas nos projetos se dá em termos de diferença de estoque de C entre a floresta em pé e o uso da terra na linha de base, multiplicado pela extensão da área na qual se espera que haja tal conversão.

Na metodologia proposta, a área na qual se espera que haja conversão é uma função do número de famílias no projeto, da área declarada como estando sob influência das atividades que contribuem para a questão climática e por um modificador de adicionalidade, embasado em dois indicadores da pressão local sobre os territórios comunitários no sentido de converter recursos florestais no curto prazo. Inicialmente, assume-se que cada família no projeto converteria para uso quatro hectares (ha) de floresta em caso de ausência das alternativas de uso sustentável e conservação, considerando um período equivalente à duração do projeto (assumida como sendo de 24 meses). Essa área é então multiplicada por um modificador embasado na noção de adicionalidade, que indica a proporção do total de famílias que se espera que concretizariam a conversão no cenário de linha base, ou seja, assumindo que nos projetos com menor adicionalidade é menos provável que todas as famílias convertam áreas de vegetação nativa. Essa proporção é obtida consultando-se uma matriz (Tabela 1) que usa dois indicadores da pressão local por conversão para comparar o contexto dos projetos:

- *Dinâmica Local do Desmatamento*

Assumindo que a dinâmica do desmatamento na área dos municípios nos quais se inserem as comunidades executoras dos projetos é um bom indicador para se quantificar a pressão por conversão de florestas, foram levantadas taxas locais de incremento no desmatamento por corte raso nos anos entre 2012 e 2016, disponibilizadas pelo projeto PRODES de monitoramento de desmatamento por corte raso na Amazônia legal. Para cada projeto esse indicador foi calculado como sendo igual à taxa média no(s) município(s) nos quais as áreas de influência se inserem, seguindo-se de uma comparação entre os valores obtidos para cada projeto para alocação desses nas classes "baixo incremento do desmatamento anual" (0,31 % da área considerada ou menos), "médio incremento do desmatamento anual" (entre 0,32 % e 0,59% da área considerada) e "alto incremento do desmatamento anual" (0,60 % da área considerada ou mais).

- *Grau de Antropização na Região*

O segundo fator usado para indicar a pressão por conversão de florestas sobre as áreas dos projetos foi: a proporção da área total do município que se

encontra antropizada até 2012 (desmatamento acumulado), dado também obtido no portal de dados do PRODES. Nos casos em que as áreas de influência de um dado projeto se distribuem em mais de um município, foi usado o valor médio. Para cada projeto esse indicador foi calculado e usado para alocação em uma das seguintes classes: “baixa antropização” (até 34% da área antropizada no município), “média antropização” (entre 35% e 75% da área do município antropizada) e “alta antropização” (76% da área do município antropizada ou mais).

Tabela 1. Matriz para definição da proporção do total de famílias que se espera que concretizem a conversão no cenário de linha base (50% para menor adicionalidade, 75% para adicionalidade intermediária e 100% para alta adicionalidade). Class. Desm.: classes de grau de antropização no(s) municípios(s) dos projetos. Class. Incr.: classes de incremento médio do desmatamento (2012 - 2016).

		Área antropizada no município (2012)		
		Baixo (0% - 34%)	Médio (35% - 75%)	Alto (76% - 100%)
Incremento médio do desmatamento (2012 a 2016)	Baixo (0% - 0,31%)	50%	75%	100%
	Médio (0,32% - 0,59%)	75%	100%	100%
	Alto (acima de 0,60%)	100%	100%	100%

Usando a classificação segundo os critérios acima foi definida uma matriz para comparar a adicionalidade dos projetos avaliados e definir a proporção do total de famílias que se espera que concretizem a conversão no cenário de linha base. Finalmente, a área considerada para cálculo das emissões evitadas é o produto da multiplicação entre o total de famílias beneficiadas pelo projeto, a área de quatro ha assumida e o modificador de adicionalidade (proporção do total de famílias; Tabela 1). Entretanto, nos casos em que o valor resultante excedia a extensão da área declarada pelas comunidades como manejada sob uso sustentável e/ou conservada no âmbito do projeto, a área usada para cálculo das emissões evitadas foi a declarada no projeto, para que as estimativas se restringissem às atividades apoiadas pelo projeto avaliado.

O próximo passo foi a definição da classe de uso para a linha de base usando como indicador a classe de uso da terra predominante no município como indicador ou, prioritariamente, usando informações repassadas pela equipe do PPP-ECOS. Nos casos de projetos com áreas de influência em mais de um município, considerou-se o município menos conservado. A distribuição de classes de uso da terra nos municípios foi obtida através de consulta a mapas públicos de uso e cobertura do solo em nível de município (ex.: MapBiomas e TerraClass). Para cada classe de uso levantada foi definido um valor de densidade de carbono (estoque por hectare; Tabela 2), último parâmetro necessário para cálculo do estoque de carbono na linha de base (Equação 1).

Para estimar o estoque de C no ecossistema manejado/conservado é necessário definir o tipo de vegetação nativa nas áreas de influência de cada projeto. Em geral, assumiu-se que o tipo de vegetação nativa na área de influência corresponde ao tipo de formação vegetal mais comum naquele município segundo os dados de referência, a não ser nos casos em que informações sobre o tipo de vegetação tenham sido repassadas diretamente pelo ponto focal do projeto. A cada tipo de vegetação foi atribuído um valor de estoque de C (por hectare; Equação 2) através de consulta à literatura científica (Tabela 2). Calculou-se então as emissões evitadas por cada projeto subtraindo-se o estoque de C na classe de uso da linha de base do estoque de C na floresta (método diferença-de-estoques) e multiplicando-se o resultado pela área definida anteriormente para a linha de base de cada projeto. O valor obtido em toneladas de C é finalmente multiplicado pela constante 44/12 para obtenção do resultado convertido para toneladas de CO₂ (Equação 3). Essa constante representa a proporção entre a massa molecular do CO₂ (44 g/mol) pela massa molar do carbono (12 g/mol).

Equação 1

$$C_{LB} = A_{LB} \times DC_{LB}$$

Onde:

C_{LB} (Carbono na Linha de Base): estimativa do estoque de carbono no ecossistema definido para a linha de base.

A_{LB} (Área da Linha de Base): valor em hectares (ha) = Número de Famílias no Projeto x Proporção de Famílias na Linha de Base x 4 hectares.

DC_{LB} (Densidade de Carbono na Linha de Base): valor em toneladas de carbono por hectare (tC/ha) usado para estimar o estoque de carbono no ecossistema definido para a linha de base.

Equação 2

$$C = A_{LB} \times DC$$

Onde:

C (Carbono no Ecosistema Atual): estimativa do estoque de carbono no ecossistema atual já convertido para toneladas de dióxido de carbono (tCO₂).

A_{LB} (Área da Linha de Base): valor em hectares (ha) = Número de Famílias no Projeto x Proporção de Famílias na Linha de Base x 4 hectares.

DC (Densidade de Carbono no Ecosistema Atual): valor em toneladas de carbono por hectare (tC/ha) usado para estimar o estoque de carbono no ecossistema atual.

Equação 3

$$EE = C - CLB$$

Onde:

EE (Emissões evitadas): estimativa de emissões de dióxido de carbono (tCO₂) evitadas.

C (Carbono no Ecosistema Atual): estimativa do estoque de carbono no ecossistema atual já convertido para toneladas de dióxido de carbono (tCO₂).

CLB (Carbono na Linha de Base): estimativa do estoque de carbono no ecossistema definido para a linha de base, já convertido para toneladas de dióxido de carbono (tCO₂).

C (Carbono no Ecosistema Atual): estimativa do estoque de carbono no ecossistema atual já convertido para toneladas de dióxido de carbono (tCO₂) (Eq.2).

C_{LB} (Carbono na Linha de Base): estimativa do estoque de carbono na classe de uso da terra definida para a linha de base (Eq.1).

44/12 : Razão entre a massa molar do dióxido de carbono e a massa molar do carbono.

Tabela 2. Tipos de vegetação nativa (Ecossistema), estado de conservação (Primária/Secundária) e estoque total de carbono na biomassa (C total) considerados para cálculo das emissões evitadas por projetos apoiados pelo PPP – ECOS Arco do Desmatamento.

Ecossistema	Primária/ Secundária	C total (tC/ha)	Fontes usadas	Fontes consultadas
Floresta Aberta	Prim.	174	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas); Alves (1997) (vegetação secundária); Fearnside & Guimarães (1996) (vegetação secundária);	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
	Sec.	76	Fearnside & Guimarães (1996) (vegetação secundária); (vegetação secundária).	
Floresta Densa	Prim.	212	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas); Alves (1997) (vegetação secundária); Fearnside & Guimarães (1996) (vegetação secundária).	Alves et al. (1997); Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005); Nascimento et al. (2007)
	Sec.	93	Fearnside & Guimarães (1996) (vegetação secundária).	
Savana	-	18	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, madeira morta, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); Alves (1997) (vegetação secundária); Fearnside & Guimarães (1996) (vegetação secundária).	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Abdala et al. (1998); Durigan (2004); Barbosa & Fearnside (2005); Rezende et al. (2006); Felfli (2008); Pinheiro (2008); Scolforo et al. (2008a); Ribeiro et al. (2011); Haidar et al. (2013); Miranda (2012)
Pasto	-	7		IPCC (2003)
Agricultura	-	5		IPCC (2003)

2.2 Remoções de CO₂

A estimativa da capacidade da vegetação nativa sob manejo de retirar carbono da atmosfera através da fotossíntese se inicia com a caracterização de cada tipo de vegetação e sua associação com valores de taxas anuais de incremento anual da biomassa (produtividade primária líquida). Para os projetos com atividades voltadas especificamente para restauração ecológica, foi necessário apurar ainda o tipo de manejo aplicado, uma vez que diferentes métodos de restauração resultam em dinâmicas distintas de incremento da biomassa vegetal. Tanto para estimativas de remoções em áreas de vegetação nativa como em áreas de projetos de restauração caracterizou-se

os ecossistemas e manejos envolvidos com base nas informações existentes na documentação dos projetos e na experiência em campo dos pontos focais, enquanto os valores usados para taxas de incremento anual da biomassa foram obtidos através de consulta à literatura científica. A relação de tipos de ecossistemas e formas de manejo é mostrada na Tabela 3, acompanhada das respectivas taxas de incremento anual da biomassa. Para cálculo da remoção total em termos de toneladas de CO₂ por ano, multiplica-se esse valor pela área sob uso sustentável ou manejo para restauração ecológica, como declarada no âmbito de cada projeto. Para conversão do incremento de C para remoções de CO₂ multiplica-se o resultado pela constante 44/12 (Equação 4).

Apesar de a metodologia para estimativa das remoções de CO₂ aparentar ser mais simples que a metodologia para estimativa de emissões evitadas, por não requerer cálculo de um cenário de linha de base, a diversidade de tipos de manejo sustentável aplicados pelos projetos torna complexa a etapa de parametrização das taxas anuais de incremento da biomassa, exigindo análise criteriosa da literatura para escolha de valores representativos para o contexto dos projetos realizados pelo PPP-ECOS no Arco do Desmatamento.

Tabela 3. Tipos de ecossistemas e formas de manejo e respectivas taxas de incremento anual da biomassa considerados para cálculo das remoções de CO₂ realizadas pelos projetos apoiados pelo PPP-ECOS Arco do Desmatamento.

Ecossistema	Incremento anual		Fonte usada	Fontes consultadas
	tC total	tCO ₂ e		
Floresta Secundária	5.0	18	Alves et al. (1997); Nogueira (2008)	IPCC (2003)
Floresta Primária	0.4	2	Baker et al. (2004); Nogueira et al. (2008)	IPCC (2003)
Savana Secundária	1.7	6	Durigan (2004); Miranda et al. (2014)	IPCC (2003); Pinheiro (2008)
Regeneração Floresta Degradada	4.3	16	Alves et al. (1997) ; Nogueira et al. (2008); Fearnside (1992) (herbáceas); Alves (1997); Fearnside & Guimarães (1996) .	IPCC (2003)
Enriquecimento*	2.2	10	Selecky et al. (2003)	Albrecht & Kandji (2003);
Frutíferas arbórea	0.9	4	-	-
Frutíferas sub-bosque	0.5	2	-	-
Palmeiras	0.8	4	-	-
Madeireira	0.9	4	-	-
SAF	7.5	30	Selecky et al. (2003)	Albrecht & Kandji (2003);
Pasto degradado	0.9	3	Fearnside & Guimarães (1996)	IPCC (2003)
Sem vegetação	0.0	0	-	-

*Para manejo do tipo Enriquecimento considero-se os compartimentos Frutíferas arbóreas, Frutíferas do sub-bosque e Palmeiras.

Equação 4

$$R = \text{Incr} \times A \times 44/12$$

Onde:

R (Remoções Anuais): quantidade de dióxido de carbono retirada da atmosfera pela vegetação nas áreas de influência do projeto (tCO₂/ano).

Incr (Incremento anual no estoque de carbono do ecossistemas definido): valor em toneladas de carbono por hectare por ano (tC/ha/ano)

A (Área): Extensão total das áreas de influência do projeto (em hectares).

44/12 : Razão entre a massa molar do dióxido de carbono e a massa molar do carbono.

3 Resultados

3.1 Estimativas de emissões evitadas

Foram selecionados 15 projetos para quantificação de benefícios em termos de emissões evitadas, iniciados nos anos de 2013 a 2015. Em média, as estimativas indicam que esses projetos evitam a emissão de 759 toneladas de CO₂ equivalente (tonCO₂e) por família beneficiada, e totalizam 250.200 tonCO₂e de emissões evitadas através do uso sustentável e conservação da vegetação nativa (Tabela 4), considerando o desmatamento evitado no período de duração do projeto, de dois anos.

A metodologia foi aplicada para estimativas em áreas que variaram de 10 ha a 126 ha, incluindo Terras Indígenas, assentamentos de agricultura familiar e comunidades tradicionais. O tipo de vegetação mais frequente nessas áreas foi a Floresta Aberta Secundária. Dentre as duas classes de uso da terra adotadas para fins de definição da linha de base, a mais frequente foi Pasto, com apenas dois casos em que se adotou a classe Agricultura. Em geral, a diversidade de iniciativas contempladas nessas estimativas indica que a metodologia foi capaz de diferenciar especificidades locais no contexto do PPP-ECOS, o que representa uma vantagem em relação a metodologias desenvolvidas em termos genéricos e/ou com foco em realidades fora da Amazônia (ex.: Carlson et

al. 2012; Ziegler et al. 2012).

Os resultados indicam que cada família nos projetos apoiados retorna benefícios relevantes para a questão das mudanças climáticas globais. Entretanto, o potencial de futuros projetos para pleitear créditos de carbono tem que ser confrontado com a necessidade de investimento em monitoramento, verificação e relatoria desses resultados segundo diretrizes técnicas exigentes. Uma possibilidade interessante que se coloca é o envolvimento das comunidades na coleta e sistematização de dados e comunicação de resultados, o que tende a facilitar uma percepção positiva das pessoas em relação a projetos voltados para a questão climática global (Smith, 2010). Apesar de desafiador, esse processo permitiria familiarização das pessoas com protocolos para quantificação de emissões evitadas em projetos de REDD+. Apesar de relativamente complicados, esses protocolos são extensamente documentados e podem ser divididos em módulos com diferentes níveis de exigência de conhecimento técnico para operacionalização.

Tabela 4. Estimativas de emissões evitadas para 15 projetos apoiados pelo PPP-ECOS Arco do Desmatamento, identificados por um código único (Código FAM) e pelo nome da entidade beneficiária (Nome). Os projetos se distribuem em três Unidades da Federação (UF). Os parâmetros necessários para estimar as emissões evitadas (EE) em nível de projeto são : Extensão total das áreas de influência declaradas no projeto (A), número de famílias no projeto (Fam.), classe designada quanto ao desmatamento evitado (CDA), classe designada quanto ao incremento do desmatamento (CID), porcentagem do total de famílias considerada para definição da linha de base (FLB), área definida para a linha de base (desmatamento evitado) (ALB), classe de uso da terra designada para a linha de base (ULB), estoque de carbono na linha de base (ELB), tipo de vegetação manejada/conservada no âmbito do projeto (Veg.), estado sucessional da vegetação (ES, Sec. Para vegetação secundária e Prim. Para vegetação primária), estoque total de carbono (convertido para CO₂) na vegetação (ET).

Código FAM	Nome	UF	A (ha)	Fam.	CDA	CID	FLB (%)	ALB (ha)	ULB	ELB (tCO ₂)	Veg.	ES	ET (tCO ₂)	EE (tCO ₂)
13-10	CTA	MT	50	80	Médio	Baixo	75	25	Pasto	642	FloA	Sec.	6,998	7,325
								25	Pasto	642	Sav	Sec.	1,610	
13-15	Wyty Cate	MA	68	17	Baixo	Médio	75	51	Pasto	1,309	Sav	Sec.	3,285	1,976
13-14	APRAIPE	MT	101	10	Médio	Médio	100	40	Pasto	1,027	FloD	Prim.	31,020	29,993
13-16	ASMUBIP	TO	126	42	Alto	Alto	100	126	Paso	3,234	FloA	Sec.	35,269	32,035
14-05	AMTR	MA	40	89	Médio	Médio	100	40	Pasto	1,027	FloA	Sec.	11,197	10,170
13-18	ATARECO	MA	100	50	Alto	Médio	100	100	Pasto	2,567	FloA	Sec.	27,991	25,425
14-10	APRORQSP	MA	120	20	Médio	Médio	100	80	Agric.	1,467	FloD	Sec.	27,298	25,831
15-12	RAONI	MT	40	32	Baixo	Alto	100	40	Pasto	1,027	FloD	Prim.	31,020	29,993
14-12	AAPINO	TO	300	35	Médio	Baixo	75	105	Pasto	2,695	Sav	Sec.	6,762	4,067
14-13	AMTSM	MA	10	16	Baixo	Alto	100	10	Pasto	257	FloA	Sec.	2,799	2,542
14-26	AAFPA	MT	35	17	Alto	Alto	100	35	Pasto	898	FloA	Prim.	22,266	21,368
13-02	ATIX	MT	5648	60	Baixo	Baixo	50	120	Agric.	2,200	FloA	Sec.	33,590	31,390
13-22	ZYHA	MA	20	7	Baixo	Médio	75	20	Pasto	513	FloD	Sec.	6,824	6,311
13-09	ASPRAJORGE	MA	200	10	Alto	Médio	100	20	Pasto	513	FloD	Sec.	6,824	11,396
								20	Pasto	513	Floa	Sec.	5,598	
14-21	ATANC	MT	17	22	Médio	Médio	100	17	Pasto	436	FloA	Prim.	10,815	10,379
<i>Total emissões evitadas em tCO₂e</i>														250.200

3.2 Estimativas de remoções de CO₂ da atmosfera

Considerando as mesmas áreas de vegetação nativa avaliadas para estimar emissões evitadas, os benefícios em termos de remoção de C atmosférico através de incremento na biomassa foram estimados em 440.759 tonCO₂e/ano (15 projetos), com cada projeto contribuindo, em média, com 61 tonCO₂e/ano/ha (incremento da biomassa médio anual de 17 tonC/ano/ha). O manejo para enriquecimento da floresta com espécies da sociobiodiversidade foi reportado em seis casos, sendo quatro em floresta secundária e dois em floresta primária (Tabela 5).

Com relação às áreas de influência dos 13 projetos avaliados com atividades de restauração ecológica, o benefício em termos de remoção de C atmosférico através de incremento na biomassa foram estimados em 13.016 tonCO₂e/ano, com cada projeto contribuindo para remoção de 20 tonCO₂e/ano. A prática mais reportada também foi o enriquecimento de florestas com espécies da sociobiodiversidade, contemplando florestas degradadas, secundárias e primárias. O sistema agroflorestal sucessional foi a opção de método de restauração no caso de três projetos (Tabela 6).

Tabela 5. Estimativas de remoções de C da atmosfera através de incremento da biomassa em vegetação nativa conservada em 15 projetos apoiados pelo PPP-ECOS Arco do Desmatamento, identificados por um código único (Código FAM) e pelo nome da entidade beneficiária (Nome). Os projetos se distribuem em três Unidades da Federação (UF). A remoção anual (R) é uma função da extensão da área sob manejo sustentável (A) e do tipo de ecossistema e manejo avaliado (Ecosist.).

Cód. FAM	Nome	UF	A (ha)	Ecosist.	R (tCO₂e/ano)
13-10	CTA	MT	50	Floresta sec. (50%) Savana (50%)	2,252
13-15	Wyty Cate	MA	68	Savana	1,554
13-14	APRAIPE	MT	101	Floresta primária	584
13-16	ASMUBIP	TO	126	Floresta secundária + Enriq. Palmeiras	10,232
14-05	AMTR	MA	40	Floresta secundária + Enriq. Palmeiras	3,248
13-18	ATARECO	MA	100	Floresta secundária	6,722
14-10	APRORQSP	MA	120	Floresta secundária	8,067
15-12	RAONI	MT	40	Floresta primária	231
14-12	AAPINO	TO	300	Savana	6,857
14-13	AMTSM	MA	10	Enriq. Floresta Sec.	1,057
14-26	AAFPA	MT	35	Enriq. Floresta Prim.	3,699
13-02	ATIX	MT	5648	Floresta secundária	379,671
13-22	ZYHA	MA	20	Floresta secundária	1,344
13-09	ASPRAJORGE	MA	200	Enriq. Floresta Sec.	13,444
14-21	ATANC	MT	17	Enriq. Floresta Prim.	1,796
<i>Total remoções em tCO₂e/ano</i>					440.759

Tabela 6. Estimativas de remoções de C da atmosfera através de incremento da biomassa para 13 projetos com atividades de restauração ecológica apoiados pelo PPP-ECOS Arco do Desmatamento, identificados por um código único (Código FAM) e pelo nome da entidade beneficiária (Nome). Os projetos se distribuem em três Unidades da Federação (UF). A remoção anual (R) é uma função da extensão da área sob manejo para restauração ecológica (A) e do tipo de ecossistema e manejo avaliado (Ecosist.)

Código FAM	Nome	UF	A (ha)	Ecosist.	R (tCO₂e/ ano)
13-09	ASPRAJORGE	MA	10	SAF	303
13-22	ZYHA	MA	21	Enriq. Floresta Sec.	605
13-12	ANSA	MT	238	Enriq. Floresta Degr. + Regen. Floresta Sec.	4,673
13-21	ACRANM	MT	500	Enriq. Floresta Prim.	6,032
14-17	MATINHA	MA	24	Quintais (frutíferas)	160
14-23	ATRVBE	MA	16	Quintais (frutíferas)	107
14-24	AEFALJ	MA	1	SAF	30
14-33	AMOQRUICA	MA	5	Enriq. Floresta Degr.	130
14-27	AMPPCG	MA	3	SAF	91
14-34	AAMA	MT	20	Enriq. Floresta Prim.	241
15-09	AQSBPRO	MA	2	Enriq. Floresta Degr.	36
15-14	AICOM	MA	15	Enriq. Floresta Degr.	391
15-07	AMAN	MT	18	Enriq. Floresta Prim.	217
<i>Total remoções em tCO₂e/ano</i>					13.016

Uma maneira de se colocar esses resultados em perspectiva é comparando a contribuição de cada família em termos de emissões evitadas, com estimativas de emissões brutas *per capita*. No Brasil essa taxa é de 10,6 tCO₂e/habitante/ano (SEEG 2015), ou seja, cada família beneficiada no âmbito do PPP-ECOS evita liberação para a atmosfera de quantidade de CO₂ equivalente às emissões anuais de 72 pessoas, ou 23 famílias, considerando três pessoas por família, em média (IBGE 2001). Considerando as emissões *per capita* em nível global (7,3 tCO₂e/habitante/ano) essa proporção sobe para 104 pessoas, enquanto que para países como Austrália e Estados Unidos, com emissões *per capita* de 15,4 tCO₂e/habitante/ano e 16,5 tCO₂e/habitante/ano (World Bank 2014), respectivamente, essa razão desce para 49 pessoas e 46 pessoas.

Há projeções indicando que, para limitar o aquecimento global a 2°C até 2100, faz-se necessária uma redução das emissões *per capita* anuais globais de 6,4 tCO₂e, em 2020, para 2,1 GtCO₂e, em 2050 (UNDESA 2015, UNEP 2016). Fica clara a relevância de benefícios em termos de carbono, como os gerados pelas atividades de manejo sustentável e conservação do PPP-ECOS, ao considerarmos que, para essa meta ser atingida, as emissões líquidas (emissões e remoções) no setor de mudança de uso da terra têm de ser reduzidas a zero até 2050. As estimativas aqui apresentadas elencam projetos que contribuem para ambos os aspectos das emissões líquidas: emissões evitadas representam ganho em termo de redução das emissões brutas, enquanto projetos de restauração e incremento de estoque contribuem para o aumento das remoções de CO₂ da atmosfera. Esse tipo de evidência, em nível de projetos e famílias, ajuda a validar a visão de que o papel de comunidades que se relacionam estreitamente com ecossistemas naturais tende a se tornar cada vez mais importante futuramente. Também cresce a responsabilidade da sociedade no sentido de promover mecanismos que permitam a continuidade das formas de uso sustentável dessas comunidades e a conservação aliada à geração de renda.

4 Referências Bibliográficas

- III Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2016. *Ministério da Ciência e Tecnologia*. Brasil.
- Abdala G. C. et al. 1998. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a cerrado in Central Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, 2(1): 11-23.
- Albrecht A., Kandji S. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99(1-3): 15-27.
- Altieri M. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1): 35-42.
- Alves D. et al. 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 3(5): 451-461.
- Araújo T. M. et al. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology Management*, 117(1-3): 43-52.
- Baker T. R. et al. (2004). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1443): 353-365.
- Barbosa R. I., Fearnside P. M. 1999. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento El Niño (1997/1998). *Acta Amazonica*, 29: 513-534.
- Boyd E. et al. 2007. Small-scale forest carbon projects: Adapting CDM to low-income communities. *Global Environmental Change*, 17(2): 250-259.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. *Food & Agriculture Organization*.
- Carlson K. et al. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proceedings*

- of the *National Academy of Sciences*, 109(19): 7559-7564.
- Carvalho Jr. A. et al. 1998. Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 103(D11): 13195-13199.
- Castro E. A., Kauffman J. B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of tropical ecology*, 14(3): 263-283.
- Chave J. et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Cummings D. L. et al. 2002. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163: 293-307.
- Daviet F., Ranganathan J. 2005. The Greenhouse Gas Protocol Protocol for Project Accounting. Publicado por: *World Resources Institute e World Business Council*. 108 pág.
- Durigan G. 2004. Estimativas de estoque de carbono na vegetação natural do estado de São Paulo. In Durigan G. (Ed.) Oportunidades de negócios em segmentos produtivos nacionais, 1-6. *Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo*.
- Estrada M. 2011. Standards and methods available for estimating project-level REDD+ carbon benefits: Reference guide for project developers. *Center for International Forest Research: Working Paper*, 65 pág.
- Fearnside P. M. 1992. Forest biomass in Brazilian Amazonia: comments on the estimate by Brown and Lugo. *Interciencia*, 17:19-27.
- Fearnside P. M., Guimarães W. M. 1996. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 80(1): 35-46.
- Felfili M. C. 2008. Proposição de critérios florísticos, estruturais e de produção para o manejo do cerrado sensu stricto do Brasil central. *Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Florestais)*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Haidar, R. F. et al. 2013. Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do estado do Tocantins. *SEPLAN (Palmas)*. 136 pág.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Síntese de Indicadores Sociais*.
- IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land–Use Change and Forestry. *Institute for Global Environmental Strategies*.
- Kauffman J. B. et al. 1994. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. *Journal of Ecology*, 82(3): 519-531.
- Maisharou A. et al. 2015. Sustainable land management practices in the Sahel : review of practices , techniques and technologies for land restoration and strategy for up-scaling. *International Forestry Review*, 17(s3): 19.
- Miranda S. C. 2012. Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado. *Tese de Doutorado (Doutorado em Ecologia)*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Miranda S. C. et al. 2014. Regional variations in biomass distribution in brazilian savanna woodland. *Biotropica*, 46(2): 125-138.
- Nascimento M. T. et al. 2007. Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests. *Plant Ecology*, 192(2): 181-191.
- Nogueira, E.M. et al. 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(11): 1853-1867.
- Ottmar R. D. et al. 2001. Stereo photo series for quantifying cerrado fuels in Central Brazil. Volume I. *Forest Service (Portland), U.S. Department of Agriculture*. 87pág.
- Pearson T. et al. 2013. Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. *World Bank*. 38 pág.
- Pinheiro E. D. S. 2008. Análises ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de Cerrado na estação ecológica de Assis, SP. *Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)*. São Carlos: Universidade de São Paulo.
- Rezende A. V. et al. 2006. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. *Scientia Florestalis*, 7: 65-7.

- Ribeiro S. C. et al. 2011. Above-and Belowground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 262(3): 491-499.
- Scolforo, J.R. et al. 2008. Volumetria, peso de matéria seca e carbono. In: Scolforo J. R., Mello J. M., Oliveira A. D. (Eds.). Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal. *Universidade Federal de Lavras*. 361-438.
- Selecky, T. et al. 2017. Changes in Carbon Cycling during Development of Successional Agroforestry. *Agriculture*. 7(3): 25.
- Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa – SEEG. 2015. *Observatório do Clima*.
- Smith G. 2010. Carbon-based conservation projects in traditional communities in Ecuador and Suriname : an analysis of vulnerability and conflict potential. *Peace & Conflict Review*, 5(1): 1-20.
- Thompson B. 2011. Planning for implementation: landscape-level restoration planning in an agricultural setting. *Restoration Ecology*, 19(1): 5-13.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs – UNDESA. 2015. *World Population Prospects: the 2015 revision*.
- United Nations Environment Programme – UNEP. 2016. *The Emission Gap Report 2016: UNEP Synthesis Report*.
- World Bank. 2014. World Bank data: CO₂ emissions (metric ton per capita). *Carbon Dioxide Information Analysis Center*.
- Ziegler A. et al. 2012. Carbon outcomes of major land-cover transitions in SE Asia: Great uncertainties and REDD+ policy implications. *Global Change Biology*, 18(10): 3087-3099.