

# PROJETO DE CRÉDITOS DE CARBONO FLORESTAL

Geoprocessamento do Projeto Aruanã I

Versão 1.0

02/03/2022



**HDOM ENGENHARIA E PROJETOS AMBIENTAIS LTDA**  
Av. Mário Ypiranga, 315. Sala 609, Ed. The Office. Adrianópolis, Manaus-AM

## EQUIPE TÉCNICA

### ***Execução***

HDOM AMBIENTAL

Jessé Burlamaque Maciel. MSc. – Técnico  
Samela da Silva Teixeira – Estagiária

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	4
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	4
<b>3. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	6
<b>4.1. Definição de Limites</b> .....	6
<b>4.1.1. Área do Projeto</b> .....	6
<b>4.1.2. Região de Referência</b> .....	7
<b>4.1.3. Limites Temporais</b> .....	8
<b>4.2. Dados de Sensoriamento Remoto</b> .....	9
<b>5. RESULTADOS - Dinâmica Histórica</b> .....	13
<b>5.1. Aruanã I</b> .....	13
<b>5.1.1. Dinâmica histórica do uso do solo</b> .....	13
<b>5.2. Região de Referência</b> .....	17
<b>5.2.1. Dinâmica histórica do uso do solo</b> .....	17
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	21
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	22

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente documento é composto pela descrição da base técnica das atividades do trabalho de geoprocessamento e sensoriamento remoto realizado e a compilação de resultados secundários sobre uso do solo. A empresa Hdom se responsabiliza por todas informações e conteúdo apresentado no relatório. A equipe técnica responsável pelo levantamento dos dados possui experiência e treinamento em práticas de controle e garantia de qualidade.

As amostras tomadas para este trabalho são suficientes para observação de tendências do uso do solo na área. Tem como objetivo auxiliar na validação da geração de créditos de carbono da renúncia do direito de desmatar e da recuperação dos estoques por meio do reflorestamento. O protocolo deste estudo foi composto por duas vias: secundário (instituição governamental INPE e não governamental MapBiomass) e primário (análise de imagens de satélite disponíveis para o período).

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Projeto Aruanã I é a compilação resumida do resultado das ações realizadas nos últimos 40 anos. Estabelecida desde 1969, em Itacoatiara/AM, às margens da rodovia AM-010, a Agropecuária Aruanã Ltda (Aruanã) iniciou suas atividades com a implantação de pastagens para criação de gado.

Detentor de um imóvel de 12.000 (doze mil) hectares, tinha como plano original usufruir de 6.000 (seis mil) hectares, ou seja 50% do imóvel de acordo com o Código Florestal vigente da época (Lei Nº 4.771, de 1965). No entanto, depois de transformar aproximadamente 1.050 (um mil e cinquenta) hectares em pastagens, a Aruanã decidiu em 1980, voluntariamente, cessar a atividade pecuária e iniciar um processo inverso: reflorestamento com espécies nativas. A premissa foi alterar o uso da terra para um uso menos impactante, de pastagem para plantios florestais (Silvicultura). Portanto, o presente relatório traz informações sobre a dinâmica do uso da terra dos últimos 36 anos. A fim de **validar a renúncia do direito de desmatar e a recuperação da área** degradada que foi reflorestada.

### 3. INTRODUÇÃO

O aumento das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera têm sido motivo de preocupação nos últimos anos. Diversas medidas para a estabilização das concentrações de GEEs na atmosfera a um nível que impeça as interferências antrópicas no sistema climático têm sido realizadas por diversos países. Isso se deve principalmente a desdobramentos da Rio-92, a Conferência das Partes (COP) e posteriormente ao Protocolo de Quioto, assinado em 1997.

Nesse contexto, a queima de combustíveis fósseis e o uso e a mudança do uso da terra ocupam posição de destaque no Brasil, especialmente o desmatamento ilegal frente a maior floresta tropical do mundo (HIGUCHI *et al.* 2012). As florestas e outros sistemas podem absorver e armazenar carbono, estes são chamados de “sumidouros”. O papel das florestas foi reconhecido como importante na preservação e desenvolvimento de “sumidouros” como passos para tomar para alcançar as metas de emissões (Higuchi, 2015). Em 2005 houve um grande impulso com o endosso da Organização das Nações Unidas (ONU) a criação de um mecanismo de viabilização de Redução das Emissões de Desmatamento em países em Desenvolvimento (REDD).

Na Amazônia, o modelo mais comum de uso da terra na região inicia com a acessibilidade, por meio da abertura de ramais, rodovias ou estradas. Estas vias são em sua grande maioria para viabilizar a exploração seletiva de madeira, caracterizada por um sistema rústico, inadequado, antiquado e limitado a poucas espécies (Soares-Filho *et al.* 2006; ASNER *et al.* 2005). Em seguida, depois de exaurir o estoque de madeira aproveitável, a vegetação remanescente é substituída por pasto para criação de gado ou, mais recentemente, cultivos agrícolas (soja, por exemplo) (SOARES-FILHO *et al.* 2006).

Em contrapartida, os projetos de geração de créditos de carbono (REDD+) possuem como premissa a implantação de projetos de sustentabilidade para a valorização e valoração das florestas em pé. Neste contexto, está incluído também as esferas sociais e o manejo. Um dos principais aspectos destes projetos é a estimativa dos estoques de biomassa e carbono florestal, com níveis de incertezas conhecidos e preferencialmente baixos.

Diante desse cenário, a floresta tropical da Amazônia terá papel fundamental: geração de créditos de carbono por meio de projetos de desmatamento e/ou degradação florestal evitados (REDD+). Assim, o objetivo deste relatório é apresentar os resultados do caso de sucesso da Fazenda Aruanã I, analisando a dinâmica do uso e cobertura da terra com dados de imagens de sensoriamento remoto. E **validar a renúncia do direito de desmatar e a recuperação da área** degradada que foi reflorestada.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Definição de Limites

#### 4.1.1. Área do Projeto

A área do projeto é uma área e terra sob a gestão do proponente do projeto. A Agropecuária Aruanã Ltda (Aruanã) possui imóvel em uma área de aproximadamente 12.000 ha (doze mil hectares). Localizado na coordenada central: 2°59'31.41" S; 58°49'22.12" O (Figura 1). Estabelecida desde 1969, em Itacoatiara/AM, às margens da rodovia AM-010, a Aruanã é um case de sucesso. A Aruanã iniciou suas atividades com foco na implantação de pastagens para criação de gado. O plano original era transformar 6.000 ha (seis mil hectares) de florestas em áreas de pastagens. No entanto, depois de transformar pouco mais de 1 mil ha em pastagens, a Aruanã decidiu, voluntariamente, cessar a atividade pecuária e iniciar um processo inverso: o reflorestamento com castanheiras (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Esse é o contexto geral deste projeto.



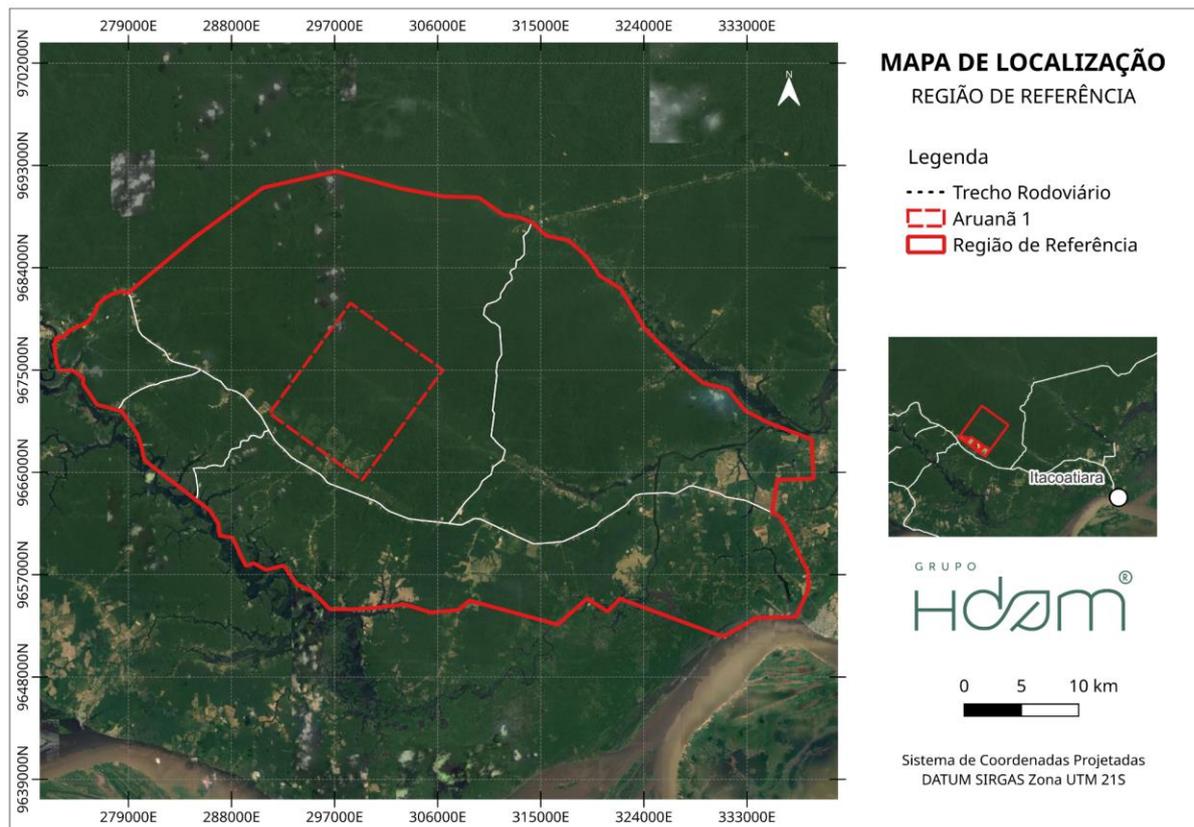
**Figura 1.** Mapa de Localização da Área do Projeto - Aruanã I.

Na área alvo do projeto (Aruanã I), existem quatro (4) eitos ou talhões (doravante identificados por: eito/talhão 1, 2, 3 e 4), onde estão presentes os plantios de castanheiras. Em cada eito/talhão há diferentes estratos de plantios. Nos eitos/talhões 2 e 3 existem dois perímetros em cada, onde em um foi realizado o plantio com um espaçamento e anos mais tarde foi “adensado”, ou seja, o espaçamento original era de 20 x 20 m, em seguida plantou-se mais árvores, reduzindo o espaçamento para 10 x 10 m. No outro perímetro, o plantio original foi realizado com o espaçamento de 10 x 10 m e não foram realizados adensamentos. Assim, podem ser classificados como plantios equiâneos e multiâneos.

#### 4.1.2. Região de Referência

O limite da região de referência refere-se a delimitação espacial de pontos estratégicos na região como limites hidroviários, rodoviários e municipais que delimitam a influência da FA Aruanã I naquela região (Figura 2). Foi definida com base

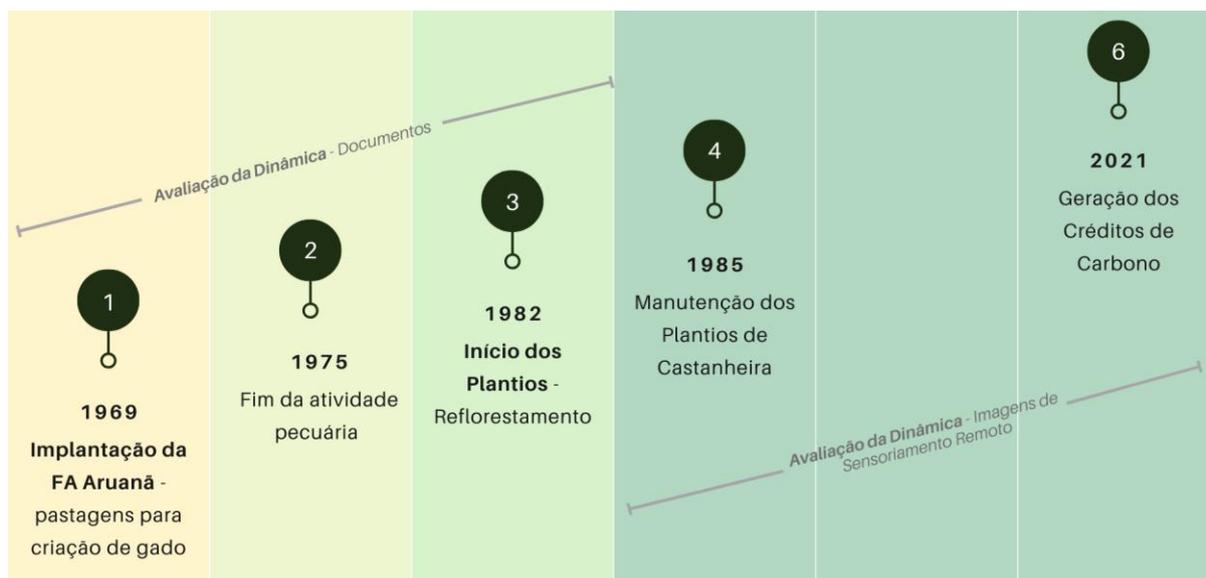
em atividade de campo, onde foi mapeada a influência da FA Aruanã I no entorno. A região de referência serve, portanto, para mensurar padrões de mudança de uso e cobertura da terra (LULUCF) até o momento e para o compromisso de monitoramento futuro.



**Figura 2.** Mapa de Localização da Região de Referência.

### 4.1.3. Limites Temporais

O projeto será verificado com base na dinâmica histórica ocorrida durante o período de 36 anos de imagens de sensoriamento remoto disponíveis para a área do projeto (Figura 2 e 3). De 1985 a 2021, nesse período as imagens disponíveis utilizadas em grande parte foram da série Landsat, processadas conforme descrito nos métodos deste relatório.



**Figura 2.** Limites temporais da análise.



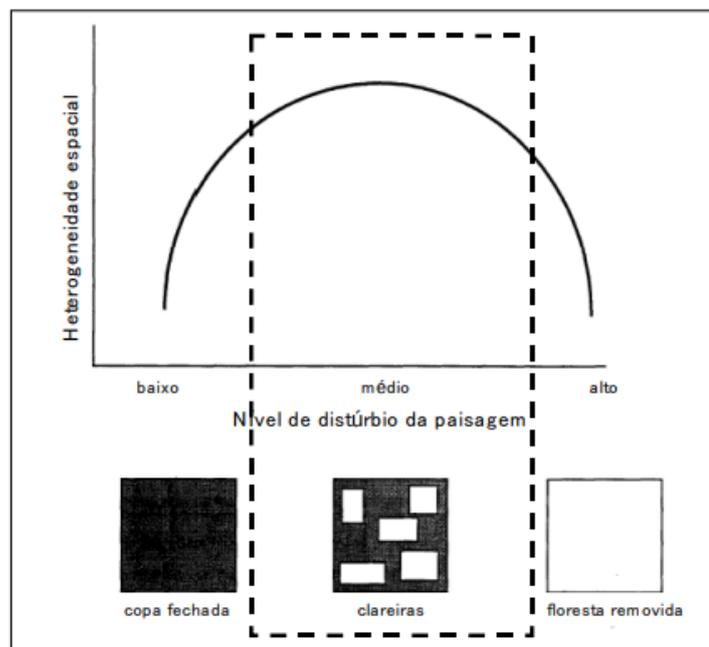
**Figura 3.** Imagens históricas do período inicial e final da análise de sensoriamento remoto.

## 4.2. Dados de Sensoriamento Remoto

O monitoramento da vegetação por sensoriamento remoto foi realizado com base em imagens coletadas por sensores ópticos multiespectrais à bordo dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8. A partir desses sensores foi possível coletar imagens em diferentes períodos e mapear a dinâmica histórica na área do projeto e na região de referência. Diante disso, foram utilizados dados de dois sistemas de monitoramento do uso e cobertura do solo, o PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Souza et al. 2019), dado oficial de desmatamento do Brasil e o MapBiomas (Souza et al. 2020), uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de uso

e cobertura da terra a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite.

Com isso, a detecção remota da vegetação possibilitou verificar a ocorrência de degradação e reflorestamento, acompanhar sua evolução no tempo e quantificar sua área de abrangência, por meio da interpretação e processamento digital das imagens. Portanto, é avaliada a relação entre o nível de distúrbio e a heterogeneidade da paisagem observada por sensoriamento remoto, mensurado em uma mesma resolução espacial em períodos diferentes (Figura 4) (Lambin (1999).



**Figura 4.** Mensuração do desmatamento. **Fonte:** Lambin (1999).

#### 4.2.1. Dados do PRODES/INPE

O **PRODES Amazônia** usa imagens compatíveis com as geradas pelos satélites da série Landsat da NASA/USGS (EUA) chamadas de “classe Landsat”. Essas imagens caracterizam-se por apresentarem resolução espacial na faixa de 30 metros e pelo menos 3 bandas espectrais. Atualmente podem ser utilizadas imagens do satélite Landsat-8, SENTINEL-2 (União Europeia) ou CBERS-4 do INPE/CRESDA (Brasil/China) (Souza et al. 2019).

A metodologia PRODES parte de alguns pressupostos (Souza et al. 2019). São eles:

- O PRODES só identifica polígonos de desmatamento por corte raso (remoção completa da cobertura florestal primária) cuja área for superior a 6,25 ha.
- Em uma imagem pode haver áreas não-observadas devido a cobertura de nuvens. Estas áreas deverão ser levadas em conta no procedimento de cálculo do incremento estimado para cada imagem.
- O ano PRODES, ou ano-calendário do desmatamento, refere-se ao período que vai de 01 de agosto de um ano até 31 de julho do ano subsequente. Por exemplo, a taxa divulgada para o ano PRODES 2018 estima o desmatamento ocorrido entre 01/08/2017 e 31/07/2018.
- O PRODES adota uma metodologia de mapeamento incremental, realiza o mapeamento dos incrementos de desmatamento através de fotointerpretação por especialistas.
- Na produção do mapeamento incremental, o PRODES usa uma máscara de exclusão, que encobre as áreas desmatadas nos anos anteriores. O trabalho de interpretação é feito apenas no pedaço da imagem do ano de referência que ainda contém floresta primária.

#### 4.2.2. Dados do MapBiomias

Por outro lado, o conjunto de dados do **projeto MapBiomias**, nas coleções 1 a 6 foi obtido pelos sensores Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e o Imager de Terra Operacional e Sensor Infravermelho Térmico (OLI-TIRS), a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente (Souza et al. 2020). As coleções de imagens Landsat com resolução de pixel de 30 metros foram acessíveis via Google Earth Engine. Nas últimas coletas, o MapBiomias utilizou principalmente a Coleção 1 Tier 1 do USGS e a refletância do topo da atmosfera (TOA). Na Coleção 6, novos mosaicos Landsat foram processados usando dados de refletância de superfície (SR). Diferente do projeto PRODES, o processamento de imagens do MapBiomias é baseado na tecnologia Google, que inclui processamento de imagens em infraestrutura de computação em nuvem, programação com Javascript e Python via Google Earth Engine e armazenamento de

dados usando Google Cloud Storage. O Google Earth Engine é definido pelo Google como: “uma plataforma para análise científica em escala de petabytes e visualização de conjuntos de dados geoespaciais, tanto para benefício público quanto para usuários empresariais e governamentais” (Souza et al. 2020).

#### 4.2.3. Feições de Interesse e Análise do Uso e Cobertura do Solo

Nesta análise optamos por utilizar dados dos dois projetos, pois o primeiro (PRODES) é o dado oficial de desmatamento do Brasil, apesar de adotar uma metodologia de mapeamento incremental, ou seja usa uma máscara de exclusão que encobre as áreas desmatadas nos anos anteriores. Por outro lado, o MapBiomas é mais refinado do ponto de vista do esquema de classificação.

Os produtos de cobertura do solo disponíveis dos dois projetos podem, portanto, serem utilizados de forma complementar, mas existem vantagens potenciais dos mapas MapBiomas. Primeiro, os mapas MapBiomas reconstruíram toda a série temporal anual do Landsat (>35 anos). O esquema de classificação também é mais relevante para aplicações nacionais porque segue a legenda de classificação da vegetação brasileira (IBGE, 2012). Além disso, o MapBiomas tem o potencial de monitorar mudanças de florestas primárias (ou seja, desmatamento), rebrota de florestas secundárias e classes de uso da terra (pastagens, agricultura, plantações florestais, mineração e infraestrutura urbana) junto com esta série temporal (Souza et al. 2020).

Com estes dados foi calculado o desmatamento anual para a área do projeto e para a região de referência. Desse modo, foi possível reconstruir a dinâmica histórica ocorrida na Fazenda Aruanã Ltda e no entorno imediato. Possibilitando validar a transformação voluntária de pouco mais de 1 mil ha de pastagens em floresta plantada com castanheiras. A premissa foi alterar o uso da terra para um uso menos impactante, de pastagem para plantios florestais (Silvicultura).

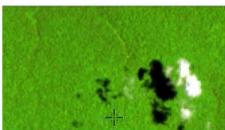
As feições analisadas na **área do projeto** foram a transição de não floresta para floresta e a respectiva dinâmica dessas classes. As imagens de SR disponíveis são de 1986 em diante, período posterior ao fim da atividade pecuária e início do processo inverso, ocorrido em 1980. Enquanto que para a área da **região de referência** foi analisada a transição das classes floresta para não floresta e as

respectivas dinâmicas. Além do desmatamento acumulado para avaliar o efeito da área do projeto na região de referência.

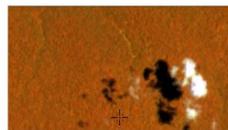
Desse modo, as densidades e orientações da estrutura do dossel, ou áreas sem dossel (Ponzoni et al. 2012) são os elementos que orientam a avaliação das propriedades de reflexão dessas feições analisadas, visto que surtem efeitos sobre as características radiométricas e texturais da imagem produzida dessa superfície. Portanto, cada objeto (alvo) reflete de forma distinta nas bandas do visível e do infravermelho (Figura 5).

### **FORMAÇÃO FLORESTAL**

LANDSAT (RGB 654)



LANDSAT (RGB 564)



GOOGLE EARTH



FOTOGRAFIA

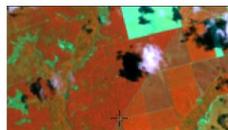


### **FLORESTA PLANTADA**

LANDSAT (RGB 654)



LANDSAT (RGB 564)



GOOGLE EARTH

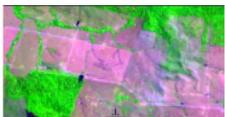


FOTOGRAFIA

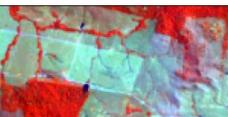


### **PASTAGEM**

LANDSAT (RGB 654)



LANDSAT (RGB 564)



GOOGLE EARTH



FOTOGRAFIA



**Figura 5.** Comportamento da reflectância de objetos (alvos) nas imagens de sensoriamento remoto.

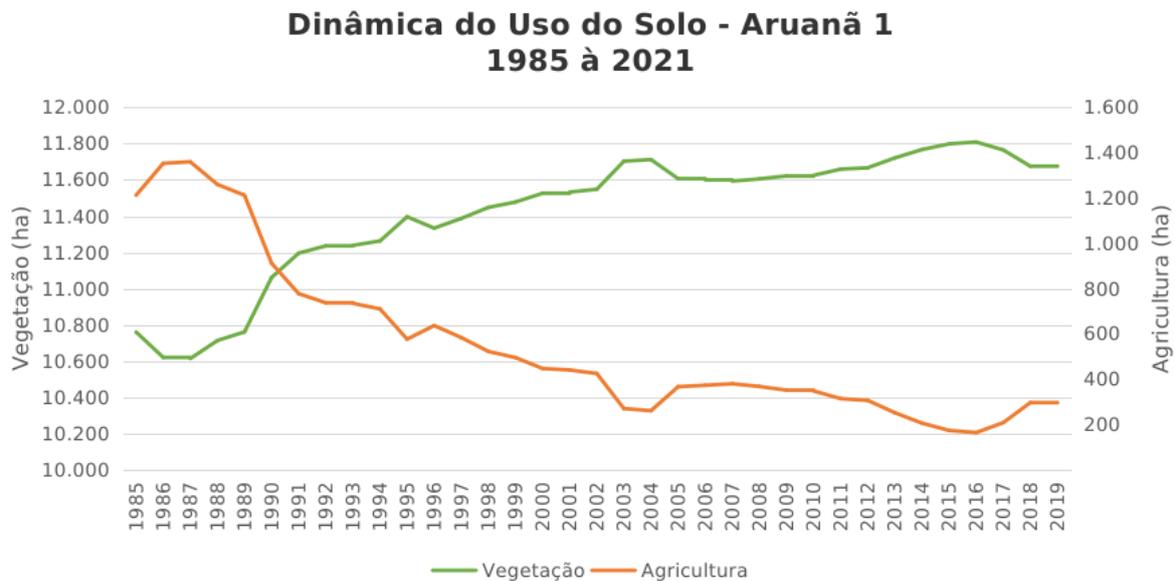
## **5. RESULTADOS - Dinâmica Histórica**

### **5.1. Aruanã I**

#### **5.1.1. Dinâmica histórica do uso do solo**

Com base nos dados de sensoriamento remoto histórico disponíveis para a área do projeto (Figura 6), observamos que 1986 consta como o maior pico de

desflorestamento com 1.353,25 hectares, efeito da implantação de pastagens para criação de gado que foi implementado em 1969 e nos anos seguintes pela Agropecuária Aruanã Ltda.

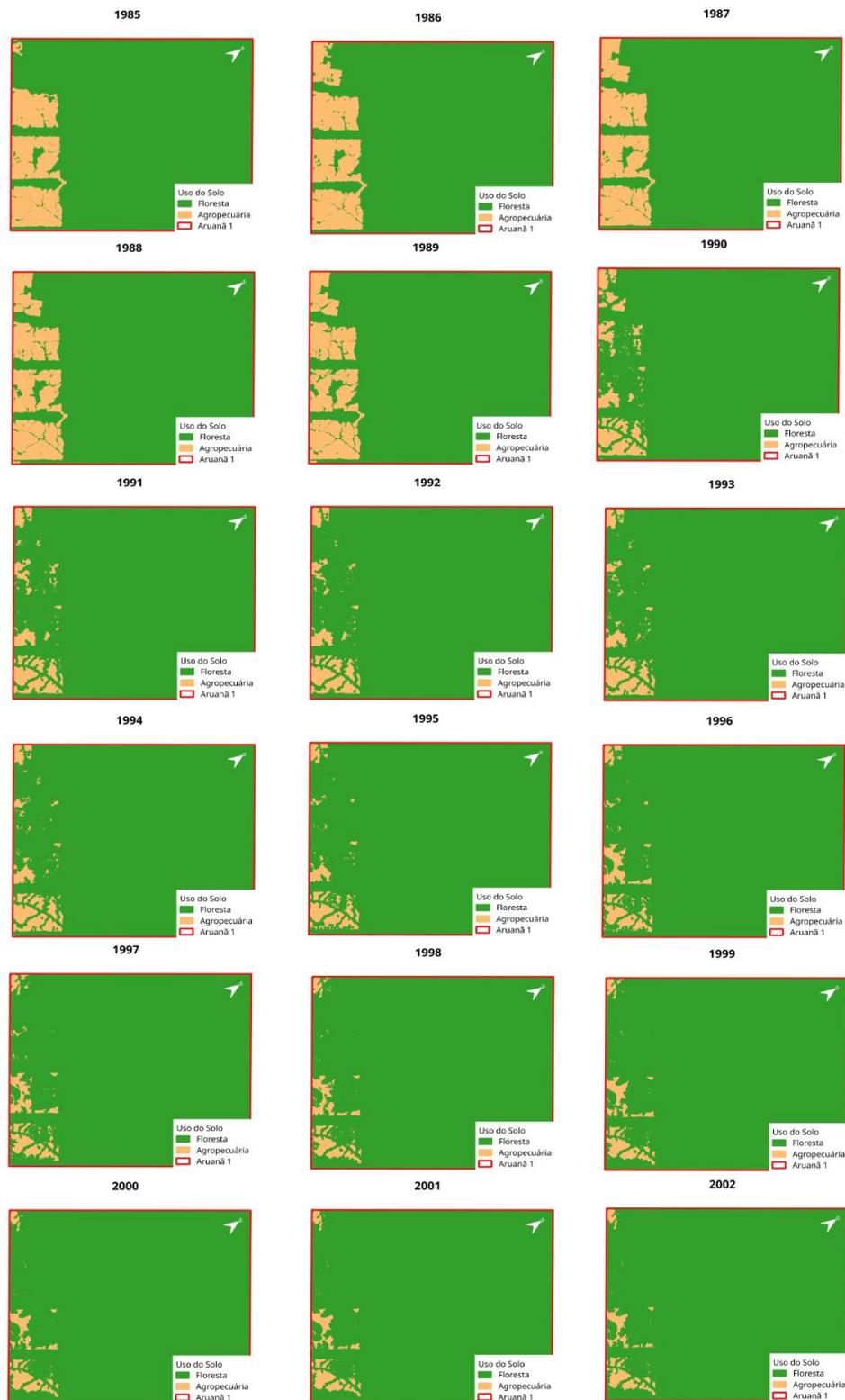


**Figura 6.** Dinâmica do Uso do Solo na Aruanã I. **Fonte dos dados:** MapBiomias.

Em 1980 o proprietário cessou o projeto da atividade pecuária e iniciou um processo inverso de reflorestamento com espécies nativas. Este processo pode ser observado nos dados de sensoriamento remoto a partir de 1985, quando se tinha imagens satélite com qualidade suficiente para identificar tais mudanças na superfície. Deste momento em diante observamos a redução das áreas de solo exposto e/ou agricultura e nota-se o aumento de vegetação com o início do reflorestamento e manutenção com castanheiras e outras espécies nativas (Figura 4, 5 e 6). Se compararmos o maior pico de desflorestamento em 1985 e o menor em 2019 temos uma diferença de aproximadamente 1.054 hectares, representando uma redução de desmatamento de 25% e o fim do avanço do desmatamento. Enquanto de vegetação essa diferença se dá em aproximadamente 1.052 hectares, para o mesmo período, o que representa uma taxa de reflorestamento de 92%.

Nas imagens observamos a dinâmica, nos primeiros anos temos grandes áreas na classe agropecuária e nos anos seguintes a redução destas áreas e manutenção da vegetação. Observamos também variações da classe agropecuária a

partir de 1999, que estão relacionadas ao processo de desbaste ocorrido nos plantios (Figura 7 e 8).



**Figura 7. Dinâmica do Uso do solo de 1985 à 1999. Fonte: MapBiomias Coleção 5.**

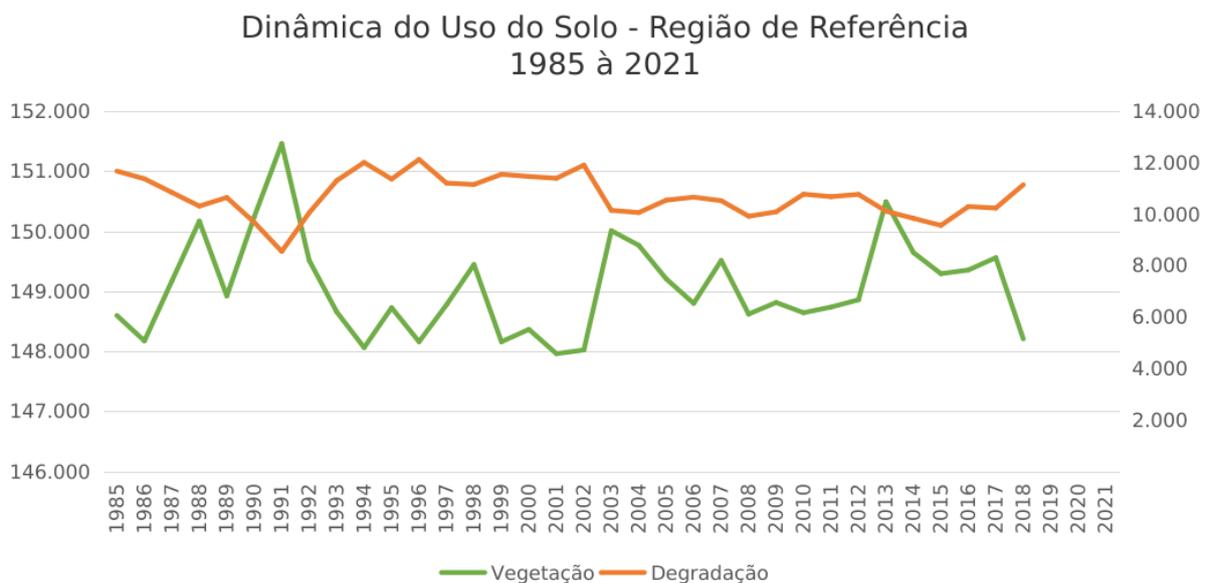


**Figura 8.** Dinâmica do Uso do solo de 1999 à 2013. **Fonte:** MapBiomias Coleção 5.

## 5.2. Região de Referência

### 5.2.1. Dinâmica histórica do uso do solo

Com base nos dados de sensoriamento remoto histórico disponíveis para a região de referência (Figura 9), observamos que 1996 consta como o maior pico de desflorestamento com 12.127 hectares. As taxas observadas têm picos sem uma definição clara do motivo. Possivelmente, representam o modelo comum de uso da terra na região que inicia com a acessibilidade, por meio da abertura de ramais, rodovias ou estradas e posterior degradação nas regiões do entorno.



**Figura 9.** Dinâmica do Uso do Solo na Região de Referência. **Fonte dos dados:** MapBiomias

Considerando o contexto da região de Itacoatiara - AM, sugere-se que o desmatamento seguiu esse padrão do modelo comum de uso da terra, partindo das vias de acesso como a margem da rodovia e margem do rio. Quanto aos picos de vegetação, com destaque para a metodologia dos dados, estes podem representar áreas abandonadas que recuperaram a vegetação, ainda que de florestas secundárias. (Figura 10 e 11).



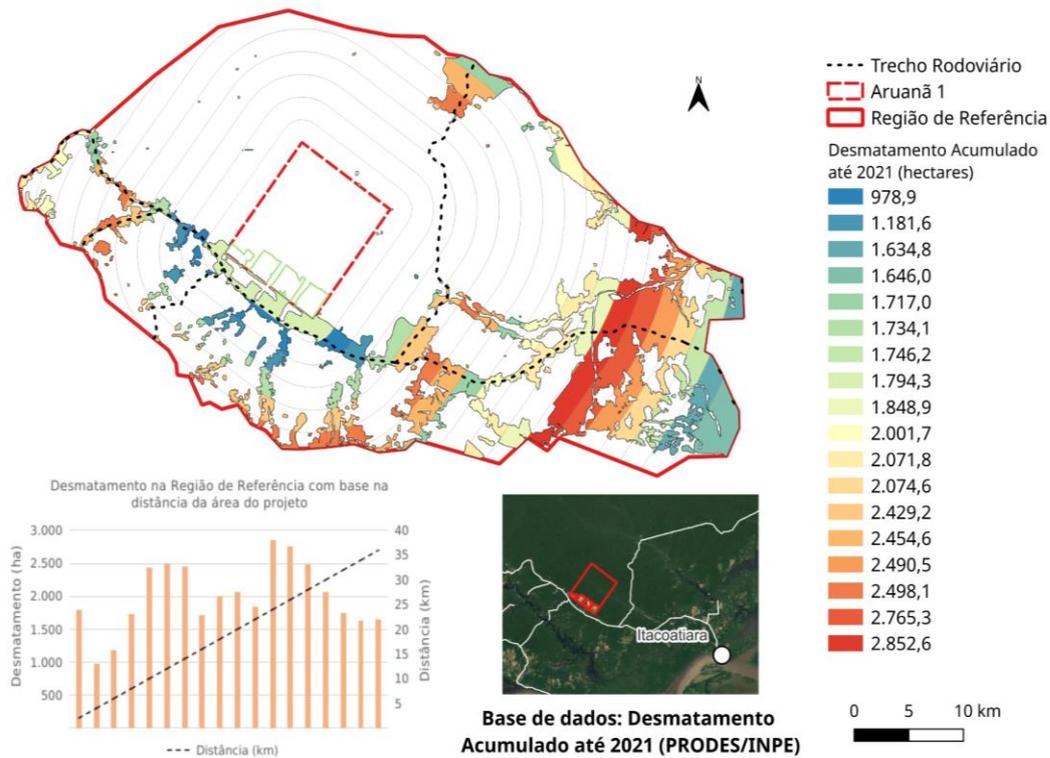
**Figura 10.** Dinâmica do Uso do solo de 1985 à 2005. **Fonte:** MapBiomas Coleção 5.



**Figura 11.** Dinâmica do Uso do solo de 2004 à 2005. **Fonte:** MapBiomias Coleção 5.

Analisando a dinâmica do desmatamento do uso da terra no entorno imediato e na porção mais distante da área do projeto, observa-se que as maiores taxas de desmatamento estão nestas regiões mais distantes. O índice de desmatamento cresce proporcional à distância da área, mas não há evidência clara de influência direta ou indireta (Figura 12). Portanto, na região do entorno imediato da área do projeto não há taxas elevadas de desmatamento, variando entre 978 e 1.794 hectares. Enquanto, nas regiões mais distantes, essa variação se dá entre 1.848 e 2.852 hectares, com algumas variações conforme podemos observar na figura abaixo.

## Desmatamento Acumulado até 2021 - Região de Referência



**Figura 12.** Desmatamento acumulado até 2021 por faixas de influência na Região de Referência. **Fonte:** PRODES/INPE.

Com base nos dados de sensoriamento remoto e nas evidências observadas em campo, especialmente nas comunidades do entorno da FA Aruanã I observa-se que a atividade silvicultural do plantio de castanheiras permitiu a promoção de distribuição de mudas no entorno imediato da FA Aruanã I. Criando uma cultura de base florestal naquelas comunidades, esse efeito pode ser observado à esquerda e à direita do imóvel onde estão localizadas as comunidades impactadas pelos projetos da FA Aruanã I.

## 6. CONCLUSÃO

Os dados de sensoriamento remoto validam a dinâmica histórica do uso e cobertura do solo na Fazenda Aruanã Ltda e a geração de créditos de carbono das suas atividades voluntárias. No processo de renúncia do direito de transformar o espaço, a Aruanã promoveu a recuperação de aproximadamente 1.050 ha (um mil e cinquenta hectares) de pastagem, por meio do reflorestamento com outras espécies nativas da região, principalmente castanheiras (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Nesse período (desde 1982 até o presente) a FA Aruanã I provou que a implantação de sistemas silviculturais sustentáveis, economicamente viáveis e com possibilidade ser uma alternativa às culturas agropastoris, caracterizando uma “**Atividade de Emissão Reduzida**”, pois a atividade florestal implementada gera menos impacto que a atividade de pastagem. Esse efeito poderá ser avaliado também no próximo período de verificação para os próximos 30 anos.

Além disso, os plantios florestais possuem capacidade de estocagem (sequestro de GEE) de carbono na biosfera (solos e vegetação). Assim, o uso atual da terra silvicultura principalmente com produção de amêndoas, por meio do desbaste e colheita florestal, centrado na preservação e conservação de sumidouros de carbono, contempla “**Atividade de Emissão Sequestrada**”, onde considera-se a quantidade de carbono que é estocada nos plantios florestais.

Assim, com base nos dados de sensoriamento remoto é irrefutável que não houve desmatamento após o período de renúncia do direito de desmatar e início do reflorestamento com castanheiras.

## 7. REFERÊNCIAS

ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J. N. 2005. **Selective logging in the Brazilian Amazon**. *Science*. Vol. 310: 480-482.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; McDONALD, A.; LEFEBVRE, P.;SCHLESINGER, P. 2006. **Modelling conservation in the Amazon basin**. *Nature*.Vol. 440, n 23. 520-523.

Souza, A., Monteiro, A. V., Rennó, C. D., Almeida, C. A., Valeriano, D. D. M., Morelli, F., ... & Amaral, S. (2019). **Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER**. *INPE: São José dos Campos, Brazil*.

Souza, C. M., Z Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A Alencar, A., Rudorff, B. F., ... & Azevedo, T. (2020). **Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine**. *Remote Sensing*, 12(17), 2735.