

MapBiomias Cacau

Mapeamento do Cultivo Sombreado de Cacau no Sul da Bahia

julho/2023



equipe técnica:

Marisa Gesteira Fonseca (Coordenação e Execução – MapBiomias/ Veraterra)
Marcos Rosa (Supervisor técnico – MapBiomias/ArcPlan)

colaboradores:

Deborah Faria (UESC)
Larissa Rocha Santos (UESC)
José Carlos Morante Filho (UESC)
Daniel Piotto (UFSB)
Gil Marcelo Reuss Strenzel (UESC)
Juan Doblás Prieto (MapBiomias)

gestão e articulação institucional:

Cristiano Villela Dias (Centro de Inovação do Cacau)
Guilherme Salata (CocoaAction Brasil)
Nathalia Dreyer Breitenbach Pinto (Instituto Arapyaú)
Ricardo Gomes (Instituto Arapyaú)
Vinícius Ahmar (Instituto Arapyaú)

financiadores:

CocoaAction Brasil
Instituto Arapyaú
Ministério Público do Estado da Bahia

apoio institucional:

Centro de Inovação do Cacau (CIC)
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC)
Tabôa Fortalecimento Comunitário
Parque Científico e Tecnológico do Sul da Bahia (PCTSul)

apoio de campo:

Lukas Halla Daneu
Mário Celso Rodrigues Costa

sumário

1	resumo executivo	07
2	contexto	09
3	área de abrangência	11
4	métodos	16
	A. Dados de campo	17
	B. Imagens utilizadas	17
	C. Variáveis	17
	D. Classificação e estimativa da acurácia	18
	E. Ressalvas e limitações do mapeamento	20
	F. Alertas de desmatamento	21
5	resultados	22
	A. Estimativa de acurácia do mapeamento	23
	B. Mapeamento do cultivo de cacau sombreado	24
	C. Alertas de desmatamento	28
6	conclusões	31
7	agradecimentos	33
8	bibliografia	35
9	anexo	39

índice de figuras

Figura 1: Municípios listados na Área de Indicação de Procedência Sul da Bahia para o produto cacau segundo o instrumento oficial nº 03/2014-DPDAG da Superintendência Federal de Agricultura do Estado da Bahia/MAPA.	13
Figura 2: Cobertura original de formações vegetais na área de abrangência do MapBiomias Cacau.	14
Figura 3: Área (ha) destinada à colheita de cacau amêndoa em 2019 segundo o IBGE.	15
Figura 4: Variáveis consideradas e selecionadas para serem utilizadas na classificação de imagens. S2 = Sentinel 2.	18
Figura 5: Pontos utilizados na validação do mapa de cultivo de cacau sombreado.	19
Figura 6: Resumo esquemático dos métodos adotados para gerar e validar o mapa de cacau sombreado para 83 municípios do sul da Bahia.	20
Figura 7: Exemplo de erros de omissão da classe floresta e comissão da classe cacau em uma borda florestal.	21
Figura 8: Mapa do cacau sombreado em 83 municípios no sul da Bahia em 2019.	25
Figura 9: Associação entre (A) declividade, obtida a partir do SRTM Plus e (B) distribuição espacial de florestas (em verde) e cultivo sombreado de cacau (em marrom).	26
Figura 10: Área (km ²) e proporção de floresta (incluindo silvicultura) e cultivo sombreado de cacau em 83 municípios no sul da Bahia.	26

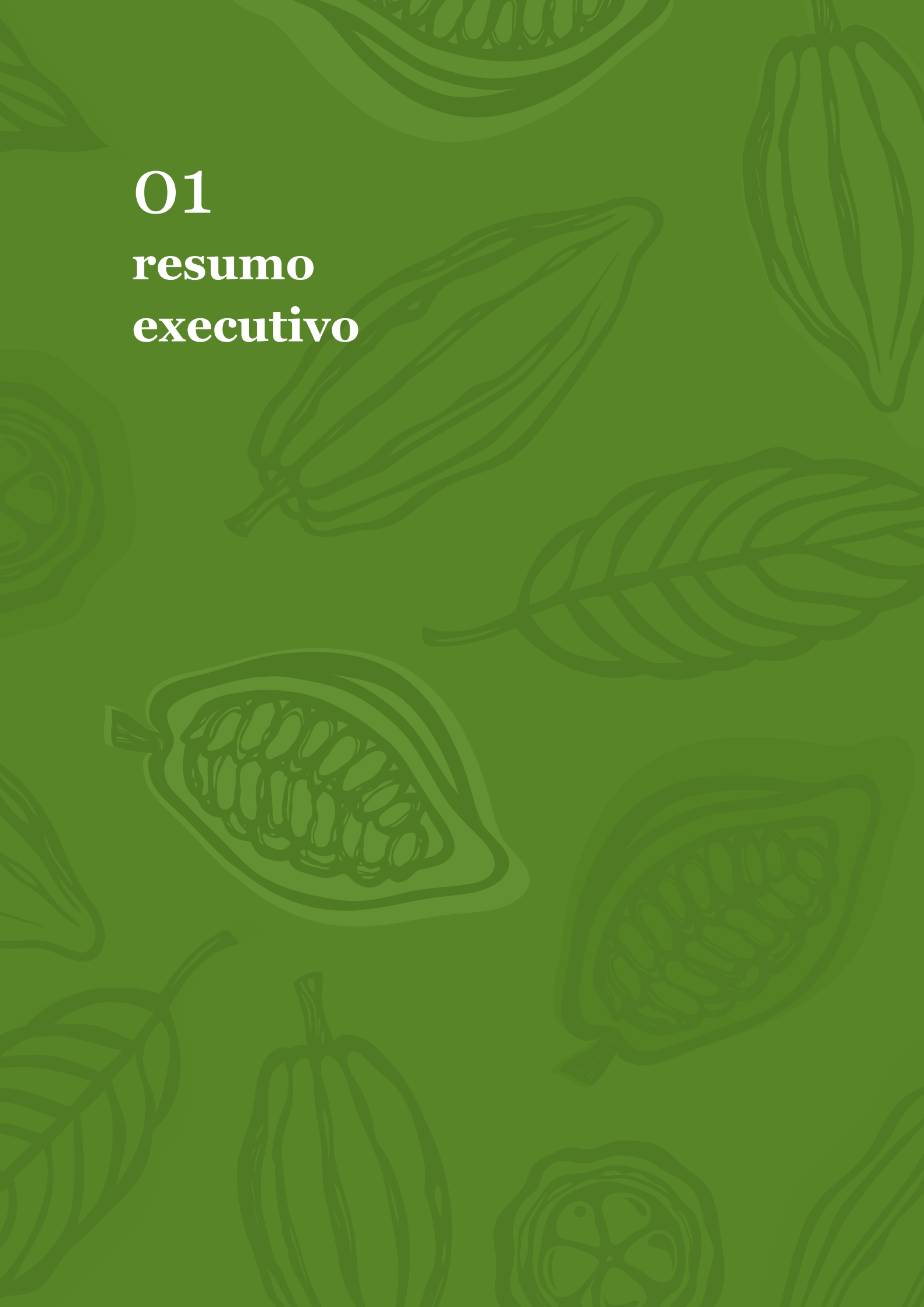
- Figura 11:** Exemplo de área de cultivo de cacau produtiva (CP) e abandonada (CA) em imagem de alta resolução espacial. _____ 26
- Figura 12:** Distribuição da área de cultivo de cacau sombreado em classes de tamanho de área contínua (sem considerar limites de propriedades rurais). _____ 27
- Figura 13:** Área (km²) estimada de cultivo sombreado de cacau nos 25 municípios com maior área estimada de cultivo no território estudado. _____ 27
- Figura 14:** Área (ha) de alertas de desmatamento nos 83 municípios analisados segundo o MapBiomias Alerta entre 2019 e 2022. _____ 28
- Figura 15:** Área (ha) de alertas de desmatamento por município entre 2019 e 2022 segundo o MapBiomias Alerta. _____ 29
- Figura 16:** Distribuição, por município, da área dos alertas de desmatamento entre 2019 e 2022 sobre áreas classificadas como Cacau sombreado em 2019 no território estudado. _____ 30

índice de tabelas

Tabela 1: Matriz de confusão e acurácia (Ac.) do produtor(prod.) e do usuário de cada classe do mapeamento. _____ 23

01

**resumo
executivo**



resumo executivo

O presente relatório descreve os métodos adotados e resultados obtidos no mapeamento do cultivo sombreado de cacau desenvolvido para 83 municípios do sul da Bahia no âmbito da iniciativa MapBiomias Cacau no período de maio de 2021 a abril de 2023. Adicionalmente, foram analisados dados de alertas de desmatamento entre 2019 e 2022 nos mesmos municípios disponibilizados pela plataforma MapBiomias Alerta. Para o mapeamento, foram utilizadas 45 variáveis geradas a partir de imagens Sentinel 2, Planet e SRTM e o classificador Random Forest. Todos os processamentos foram realizados na plataforma Google Earth Engine. A estimativa da exatidão global do mapa obtido foi de 79,9% e a classe *Cacau sombreado* apresentou acurácias do produtor e do usuário satisfatórias, próximas de 80%. O padrão de distribuição espacial da produção de cacau observado no mapeamento é condizente com o estimado pelo IBGE, com maior área de cultivo nas regiões central, leste e norte do território analisado, e predomínio de *Floresta* no oeste e sul. Nota-se que, também como esperado, o cultivo de cacau se concentra ao longo dos rios e em regiões mais planas ou bordas de morros, enquanto nas maiores declividades predominam florestas. Estima-se que em 2019 aproximadamente 11% do território analisado era coberto por cultivo de cacau sombreado, totalizando 6.562 km². O município com maior área estimada de cultivo sombreado de cacau é Ilhéus, seguido por Belmonte, Una e Camacã. Estima-se que aproximadamente 2.850 km² de cacau sombreado

(~43,4% da área mapeada de cacau) encontram-se dentro de propriedades inseridas no CAR. Foram detectados 12.001 ha de alertas de desmatamento no território estudado entre 2019 e 2022. Não se observa uma tendência temporal clara de crescimento ou decréscimo do desmatamento no período, nem tão pouco uma concentração espacial dos municípios com maiores áreas desmatadas. Os municípios com maiores áreas de alertas de desmatamento no período foram Canavieiras, Santa Luzia, Belmonte, Itagibá e Camacan. Do total de alertas neste período, 20,8% se encontravam em áreas classificadas como *Cacau sombreado* em 2019. Essa proporção é semelhante à proporção de cacau sombreado em relação à área potencialmente passível de desmatamento (cacau sombreado+floresta), indicando que não parece haver uma tendência clara de mais desmatamento em floresta ou, alternativamente, em áreas de cultivo de cacau sombreado. Os principais desafios para o aperfeiçoamento do mapa do cultivo de cacau são as áreas de cultivo pouco manejadas ou abandonadas e florestas degradadas, em especial áreas sujeitas à exploração madeireira, bordas e pequenos fragmentos florestais. O aperfeiçoamento do mapeamento pode ser buscado através de novos dados de sensoriamento remoto, dados de campo e teste de novos classificadores. Tal avanço é de grande importância tendo em vista tanto a relevância econômica do cultivo de cacau na região como o seu efeito benéfico na conectividade da paisagem e na provisão de serviços ecossistêmicos.

02

contexto



contexto

O cultivo de cacau foi introduzido na Bahia a partir de sementes trazidas do Pará na primeira metade do século XVIII¹. Sua primeira expansão significativa no Estado se deu entre o final do século XIX e o início do século XX, substituindo a monocultura da cana-de-açúcar e avançando sobre as áreas de floresta. Mesmo com flutuações relacionadas a questões fitossanitárias e econômicas, durante muitas décadas o cacau representou mais de 50% das exportações estaduais².

No final da década de 80, um fungo (*Moniliophthora perniciosa*) popularmente conhecido como a vassoura de bruxa, se espalhou pelas lavouras do sul da Bahia, e somado com a menor cotação da história e insuficientes investimentos em inovação produtiva, ocasionou a decadência da lavoura cacauera do Estado. Apesar da queda vertiginosa na produção, a redução da área plantada foi proporcionalmente menor³ e o cacau permaneceu como o principal cultivo agrícola no sul da Bahia². Em 2021, as mesorregiões do centro-sul e do sul baiano representaram juntas 45% da produção de cacau do Brasil⁴.

Além da importância econômica do cultivo na região, a manutenção da cobertura florestal, sob a qual a maior parte do cacau é produzido, traz benefícios para a manutenção de serviços ecossistêmicos como a conservação da biodiversidade, do estoque de carbono e do ciclo hidrológico local⁵⁻⁷. O cultivo sombreado do cacau, contudo, implica em grande semelhança espectral

destas áreas com aquelas cobertas por florestas não manejadas, o que representa um desafio para seu mapeamento através de imagens de satélite.

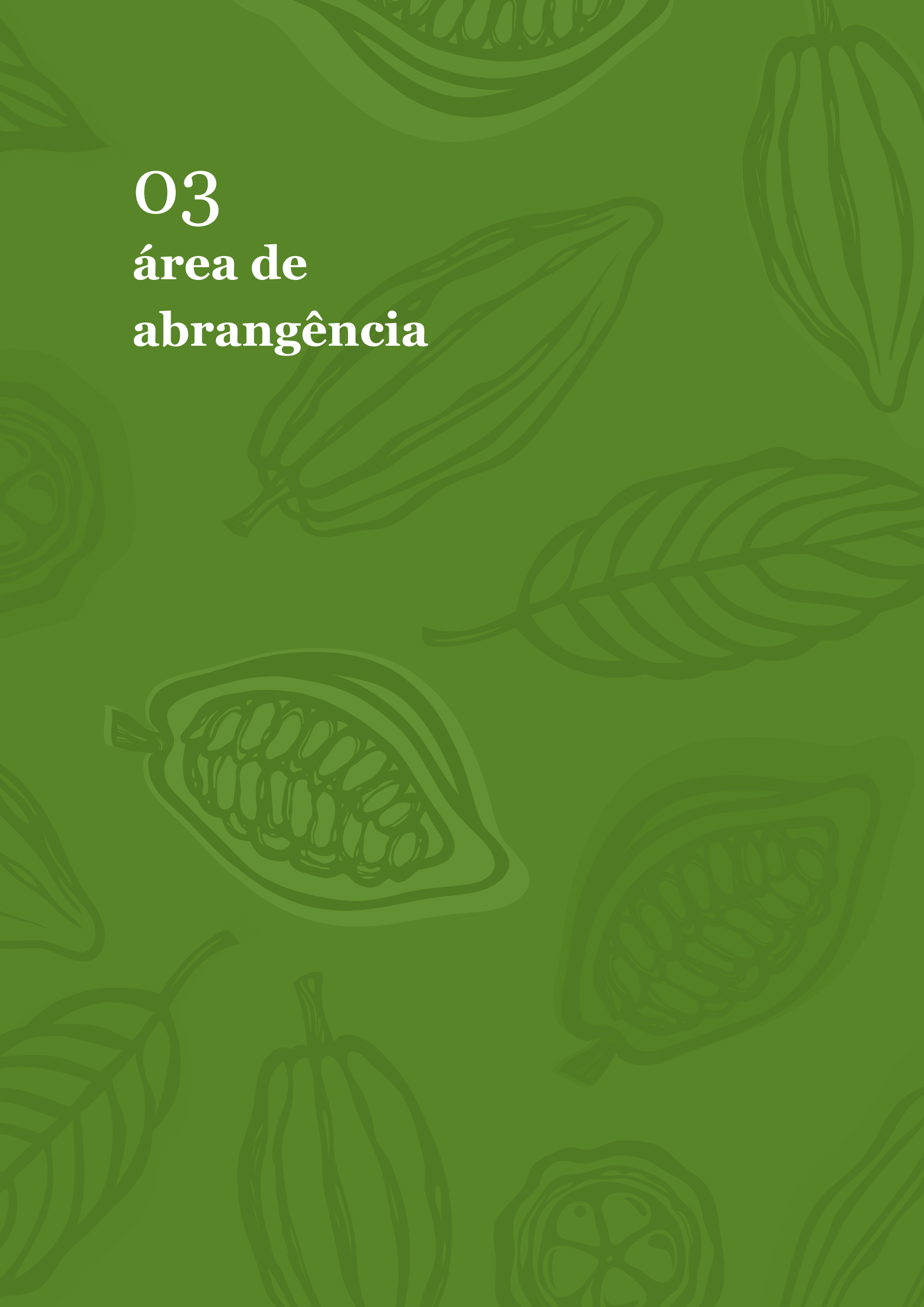
Alguns avanços no mapeamento de cultivo de cacau têm sido observados recentemente na África⁸ e no Pará^{9,10}. Nestes locais, no entanto, o cultivo tem histórico e características de sombreamento diferentes daqueles do sul da Bahia, onde boa parte do cacau foi plantado no sub-bosque da floresta nativa. Para o sul da Bahia, os poucos mapeamentos existentes são antigos, baseados em interpretação visual de imagens ou em processamento de imagens que não estão mais disponíveis^{11,12}, ou abrangem áreas restritas, como bacias hidrográficas ou propriedades rurais^{13,14}.

Nesse contexto, o MapBiomias Cacau surgiu como uma iniciativa que tem como objetivo desenvolver, em uma área piloto, técnicas para refinar a legenda do MapBiomias Brasil¹⁵, de forma que seja possível distinguir áreas de cultivo sombreado de cacau da classe “Formação Florestal”.

Neste relatório apresentamos a abordagem multi-sensor desenvolvida no âmbito da referida iniciativa para mapear o cultivo sombreado de cacau em 83 municípios do sul da Bahia, discutindo, com base nas estimativas obtidas de acurácia e de área de cultivo, seu alcance e suas limitações. Foram ainda analisados os dados de alertas de desmatamento validados e refinados pelo MapBiomias Alerta¹⁶ nos mesmos 83 municípios.

03

área de abrangência



área de abrangência

A área de abrangência da presente análise foi estabelecida a partir do instrumento oficial nº 03/2014-DPDAG da Superintendência Federal de Agricultura do Estado da Bahia/MAPA, que define a Área de Indicação de Proce-
dência Sul da Bahia para o produto cacau. Este território é composto por 83 municípios e abrange 6.122.655 ha (Figura 1).

Aproximadamente 65% da área (pouco mais de 4 milhões de ha) era originalmente coberto por Floresta Ombrófila Densa e quase 25% (cerca de 1,5 milhões de ha) apresentava originalmente Floresta Estacional (com estação seca bem definida), mas existem também manchas menores de Savana Estépica (caatinga), Campina-

rana e Formações pioneiras (como manguezais) (Figura 2).

A área destinada à colheita de cacau amêndoa por município variava de 3 ha (Alcobaça) a 35.100 ha (Ilhéus) e totalizava 406.607 ha em 2019 segundo o IBGE (Figura 3). Outro uso da terra que vem ganhando importância na região é a silvicultura, que segundo dados do MapBio-
mas Brasil (coleção 7), já ocupava mais de 337 mil ha nos 83 municípios em 2021. A grande heterogeneidade da região, tanto em termos de formações vegetais quanto em termos de área destinada à produção de cacau e a outros cultivos, configura um desafio importante para o mapeamento proposto.

Figura 1: Municípios listados na Área de Indicação de Procedência Sul da Bahia para o produto cacau segundo o instrumento oficial nº 03/2014-DPDAG da Superintendência Federal de Agricultura do Estado da Bahia/MAPA.

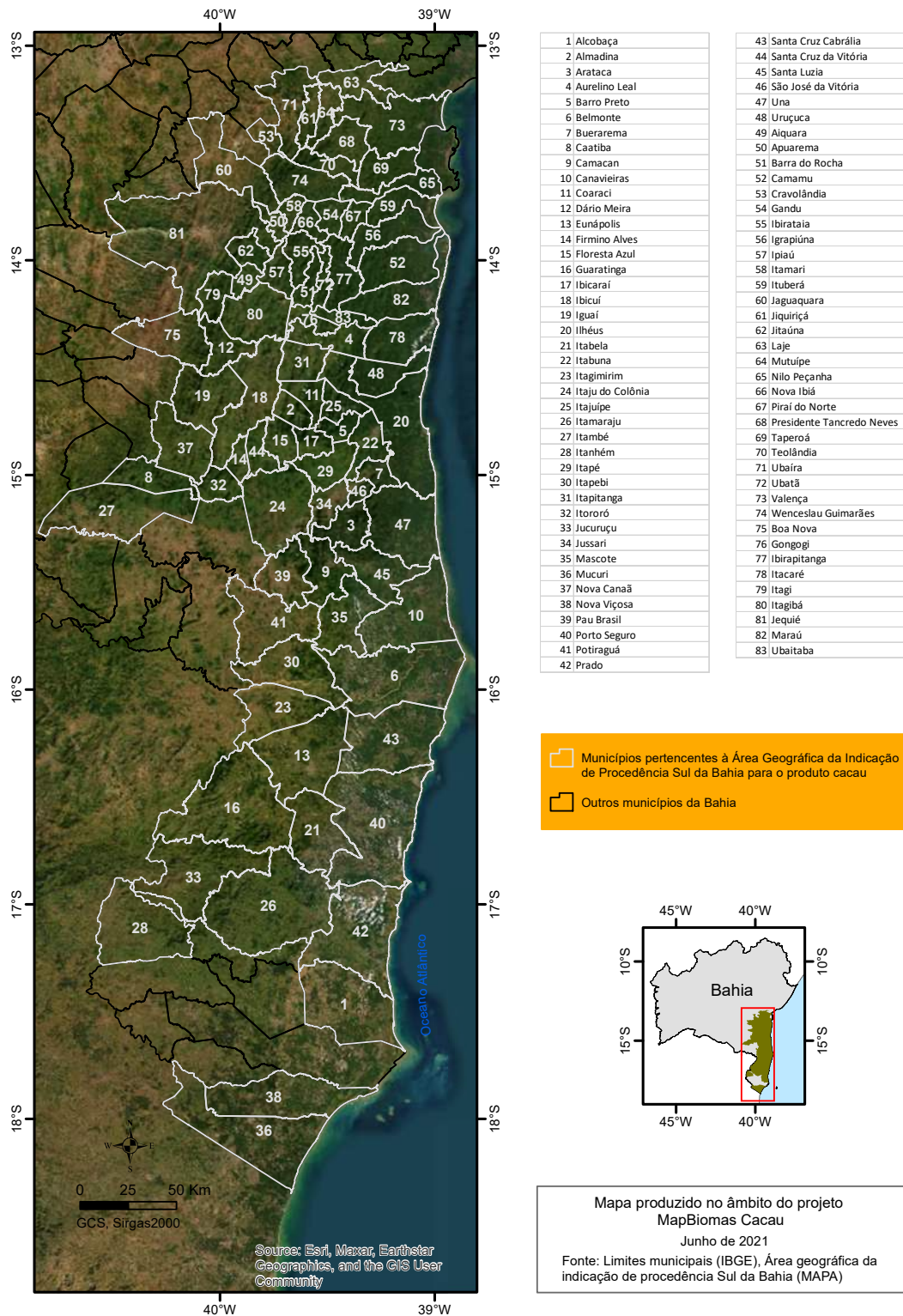


Figura 2: Cobertura original de formações vegetais na área de abrangência do MapBiomas Cacao.

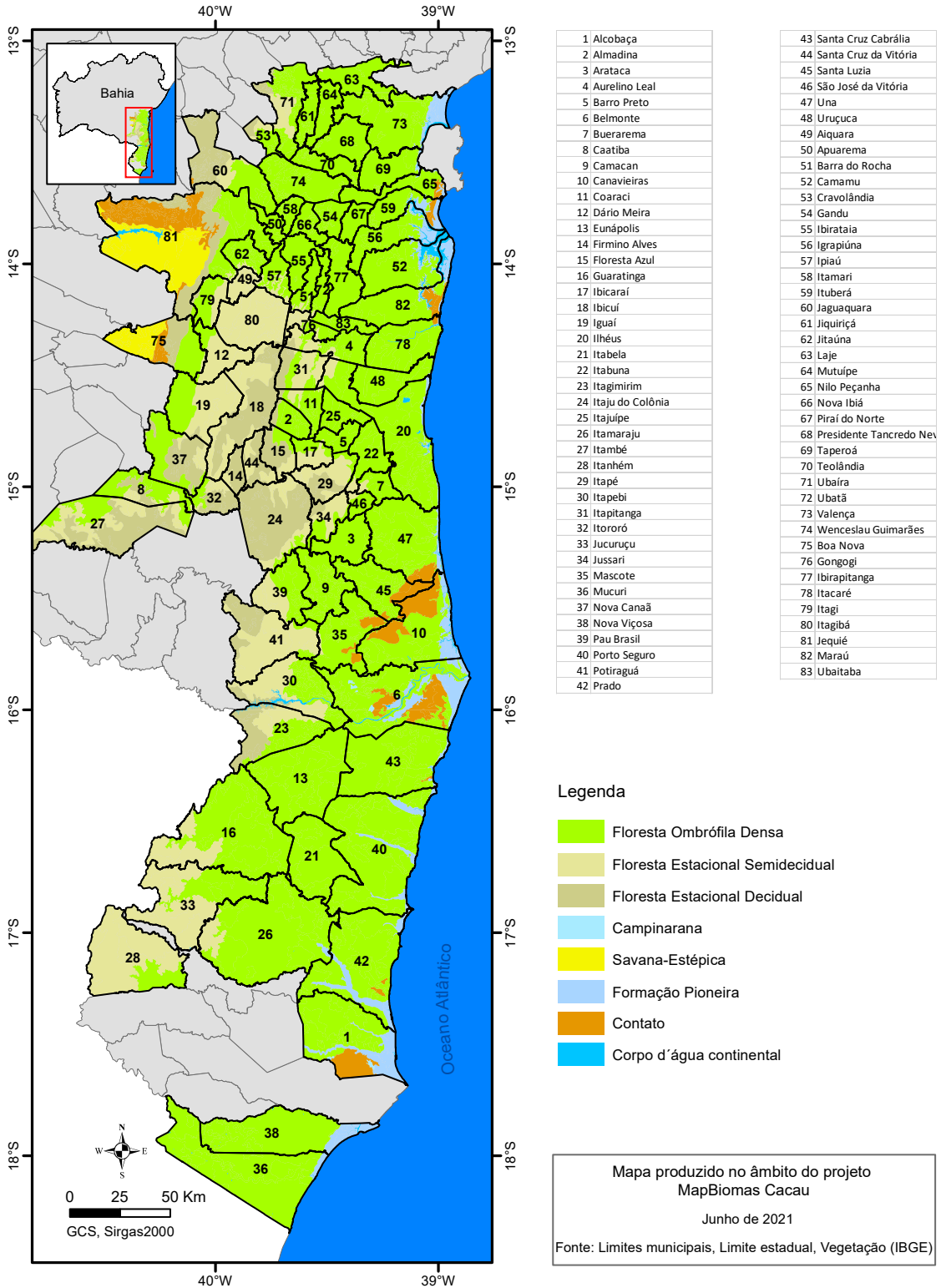
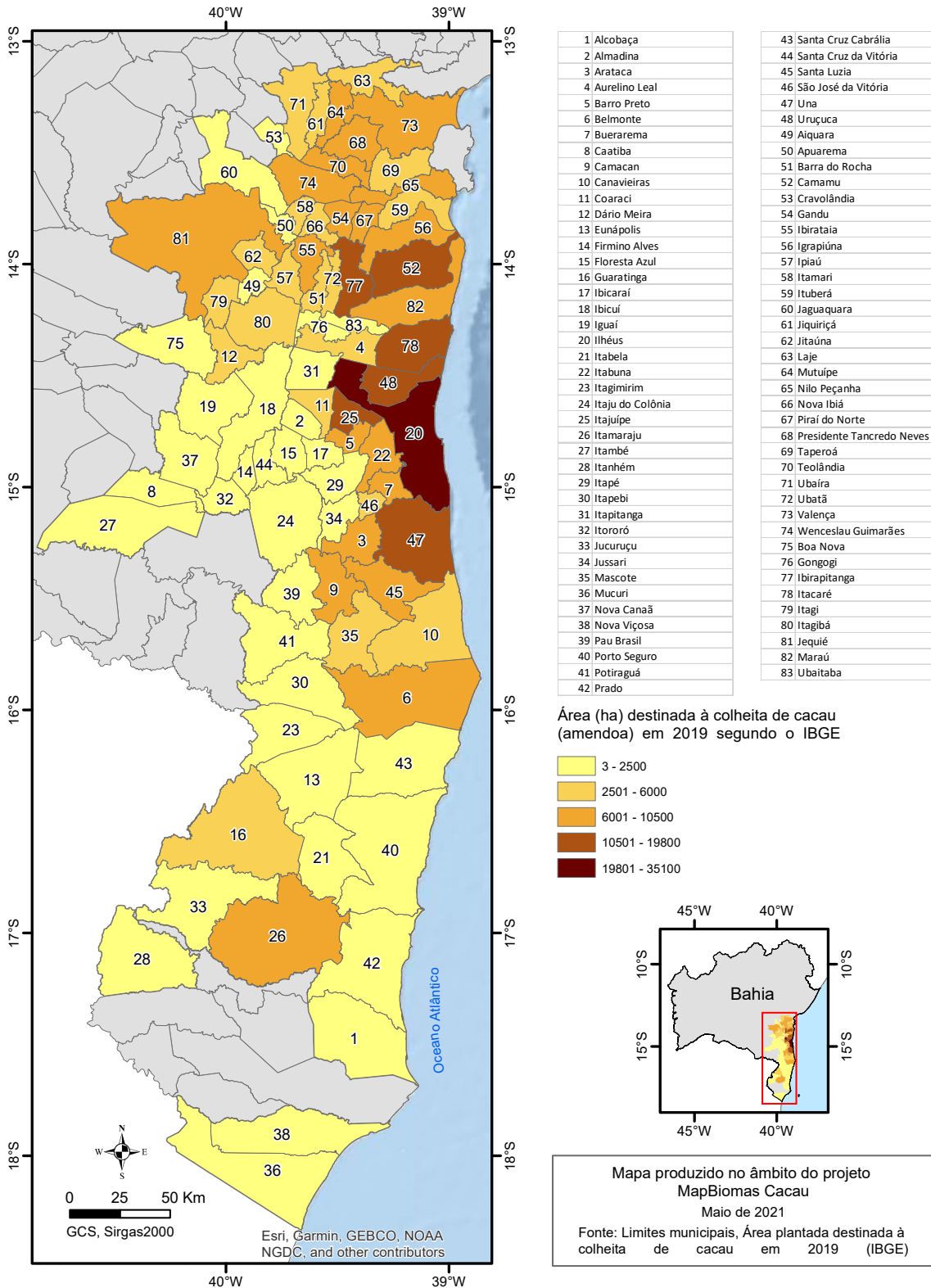
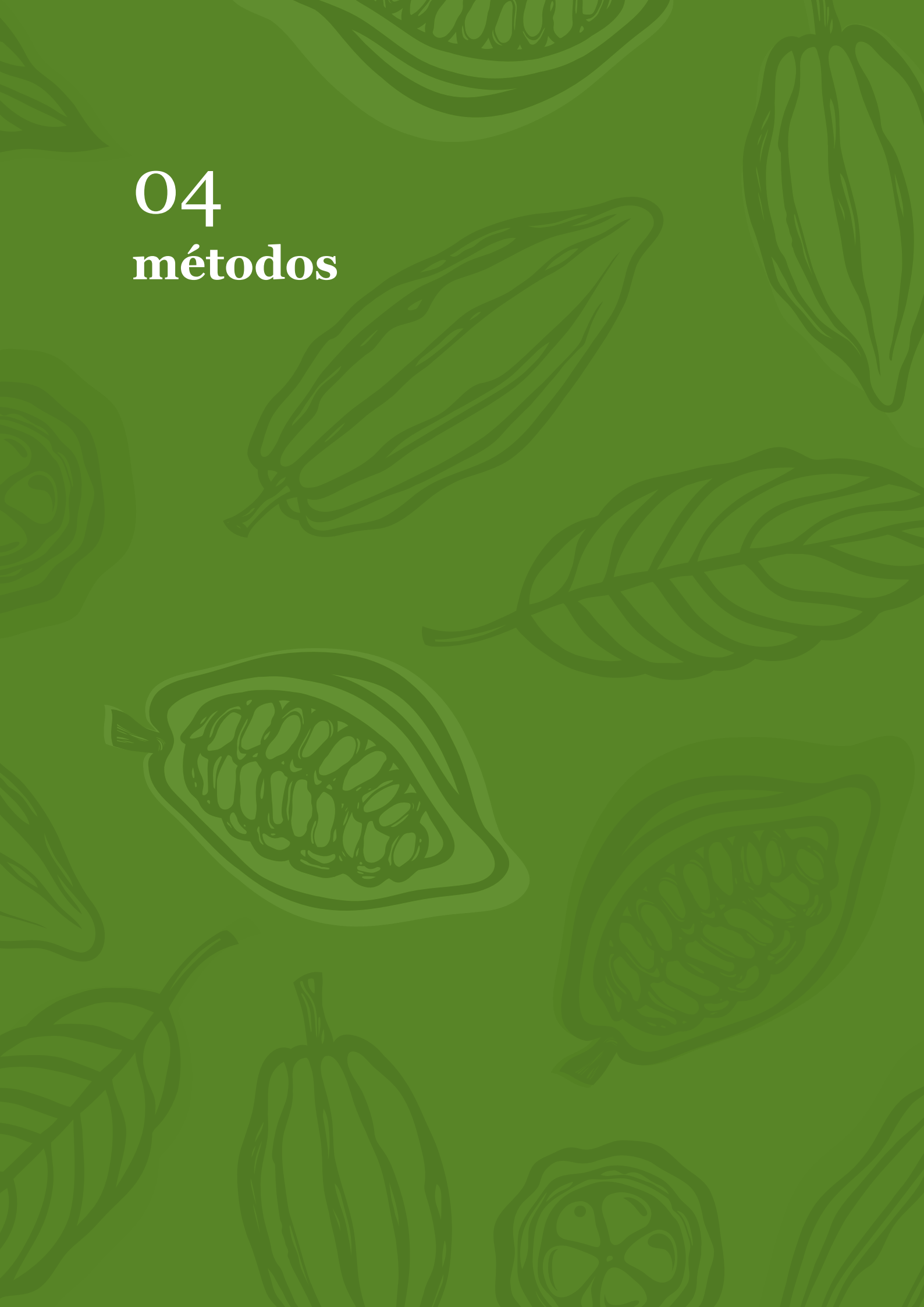


Figura 3: Área (ha) destinada à colheita de cacau amêndoa em 2019 segundo o IBGE.



04

métodos



métodos

A. Dados de campo

Foram realizados 46 dias de trabalho de campo entre agosto de 2019 e outubro de 2022, quando foram coletados pontos de floresta nativa, cacau sombreado, pasto e outros cultivos agrícolas. Para as classes *Cacau sombreado* e *Floresta* foram utilizados ainda pontos de campo coletados por parceiros no período de 2016 a 2020. Do conjunto de pontos de campo obtido, foram sorteados 30% para estimativa de acurácia do mapa. A partir dos 70% restantes foram obtidos, através de interpretação visual de imagens, polígonos dentro dos quais foram sorteadas as amostras de treinamento do classificador.

B. Imagens utilizadas

Imagens Sentinel 2 L-2 (S2) do período de março a outubro de 2018, 2019 e 2020 foram selecionadas a partir da plataforma Google Earth Engine (GEE), sendo excluídas aquelas com 80% ou mais de nuvens. Nas imagens remanescentes foi aplicada máscara de nuvens com base na banda de probabilidade de nuvens (MSK_CLDPRB) disponível no produto usando limiar de 40%.

Foram utilizados também os mosaicos Planet & NICFI¹⁷ (Norway's International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program), com 4,7 m de resolução espacial de junho a novembro 2018,

junho a setembro de 2019 e de dezembro de 2019 a maio de 2020 para gerar os mapeamentos de 2018, 2019 e 2020, respectivamente. Adicionalmente, foi utilizada o modelo digital de elevação SRTM Plus¹⁸ para geração da declividade.

C. Variáveis

Utilizando as imagens acima mencionadas, foram gerados os mosaicos das seguintes variáveis: (i) 139 métricas obtidas a partir das imagens S2 de cada ano (bandas espectrais, índices e imagens fração, com uso de redutores temporais [mediana, máximo, mínimo, amplitude, desvio padrão]). Para as bandas espectrais e índices foram feitos ainda cálculos para período seco e chuvoso, sendo estes estimados a partir do primeiro e terceiro quartis do NDVI, respectivamente; (ii) 24 métricas de imagens Planet (bandas espectrais, imagens de textura (média e desvio padrão) em janelas de 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11 das bandas R e G e (iii) declividade do terreno, obtida a partir do dado SRTM Plus. Entre estas, foram então selecionadas 45 variáveis com base em uma análise de importância na classificação com Random Forest com todas as bandas e 500 iterações (Figura 4). Esta análise de importância se baseia a redução média do coeficiente de Gini quando se retira uma variável do modelo.

Figura 4: Variáveis consideradas e selecionadas para serem utilizadas na classificação de imagens. S2 = Sentinel 2. RF = Random Forest.



D. Classificação e estimativa da acurácia

A região de estudo foi separada em duas áreas: uma com até 3% do território do município dedicado à produção de cacau em 2019 segundo o IBGE e outra com mais de 3%, compreendendo 29 e 54 municípios, respectivamente. Uma classificação foi gerada para cada região e cada ano (2018, 2019 e 2020) considerando as classes *Cacau sombreado*, *Floresta* (incluindo silvicultura), *Água* e *Áreas não florestais*.

Para treinamento do algoritmo foram sorteados ao acaso de 500 a 3.800 pixels por classe da respectiva máscara de treinamento, a qual era composta de polígonos no entorno de pontos de campo ou de amostras obtidas nas imagens S2,

com exceção da classe *Cacau sombreado*, para qual apenas polígonos no entorno de pontos de campo foram usados. Para a classe *Floresta*, além dos pontos de campo, foram obtidas algumas amostras dentro de unidades de conservação cujos plano de manejo indicavam que não havia registro de cultivo de cacau dentro de seus limites e em áreas de silvicultura. Classificações intermediárias foram avaliadas visualmente e a complementação de amostras obtidas de imagens, assim como o balanceamento do número de amostras, foram realizados para procurar corrigir excesso ou escassez de determinadas classes. As duas regiões foram classificadas com o algoritmo Random Forest e 70 árvores de classificação.

As classificações de cada ano passaram por um filtro espacial, onde grupos com menos de 50 pixels de 10m de resolução espacial da mesma classe conectados são removidos, resultando em uma área mínima mapeada de cerca de 0,5 ha. A classificação de 2019 passou então por um filtro temporal, onde pixels de cacau sombreado que não foram mapeados nesta classe em 2018 ou em 2020 foram considerados erro e passados para a classe de *Floresta*. Foi passado então novamente o filtro espacial com os mesmos parâmetros indicados anteriormente.

Para a classe *Cacau sombreado*, a estimativa da acurácia do mapeamento foi realizada a partir de 324 pontos de campo.

Para a classe *Floresta*, foram utilizados 203 pontos de campo de áreas de floresta nativa e 30 pontos sorteados a partir de amostras obtidas em imagens de áreas de silvicultura, respeitando a proporção entre área de floresta nativa e silvicultura no território estimada pelo MapBiomas Brasil (coleção 7). As classes *Água* e *Área não florestal* foram unidas em “*Outras classes*” e validadas com pontos sorteados de amostras nas imagens e pontos de campo de pasto e outros cultivos agrícolas. Ao todo, foram utilizados 758 pontos de validação (Figura 5). Todas as etapas de geração e validação do mapa foram realizadas na plataforma GEE. Um resumo esquemático dos métodos adotados para gerar o mapa de cacau sombreado é apresentado na Figura 6.

Figura 5: Pontos utilizados na validação do mapa de cultivo de cacau sombreado.

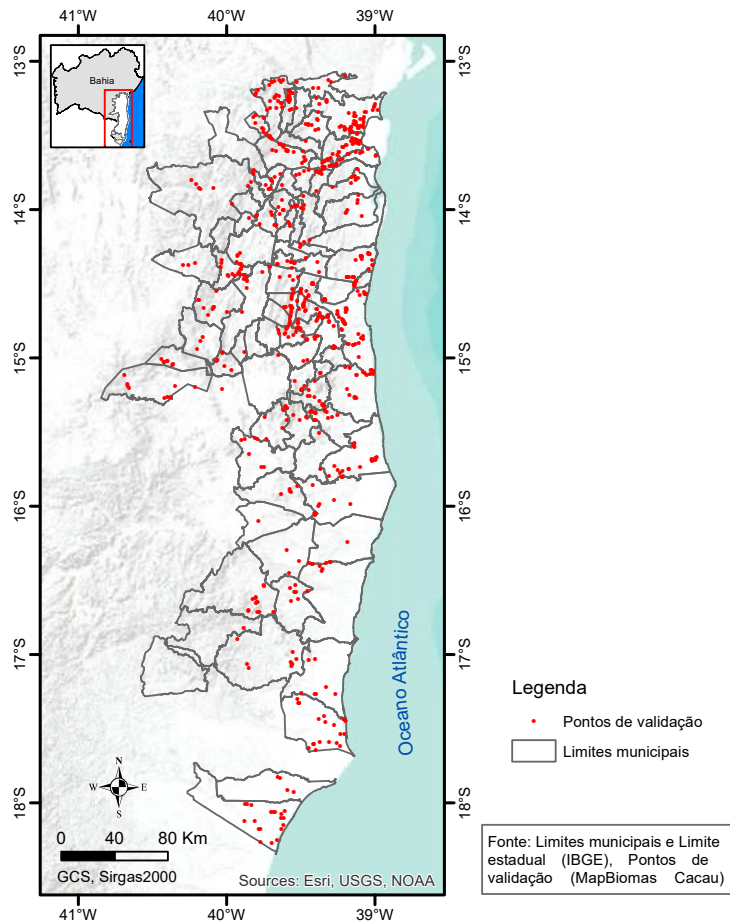
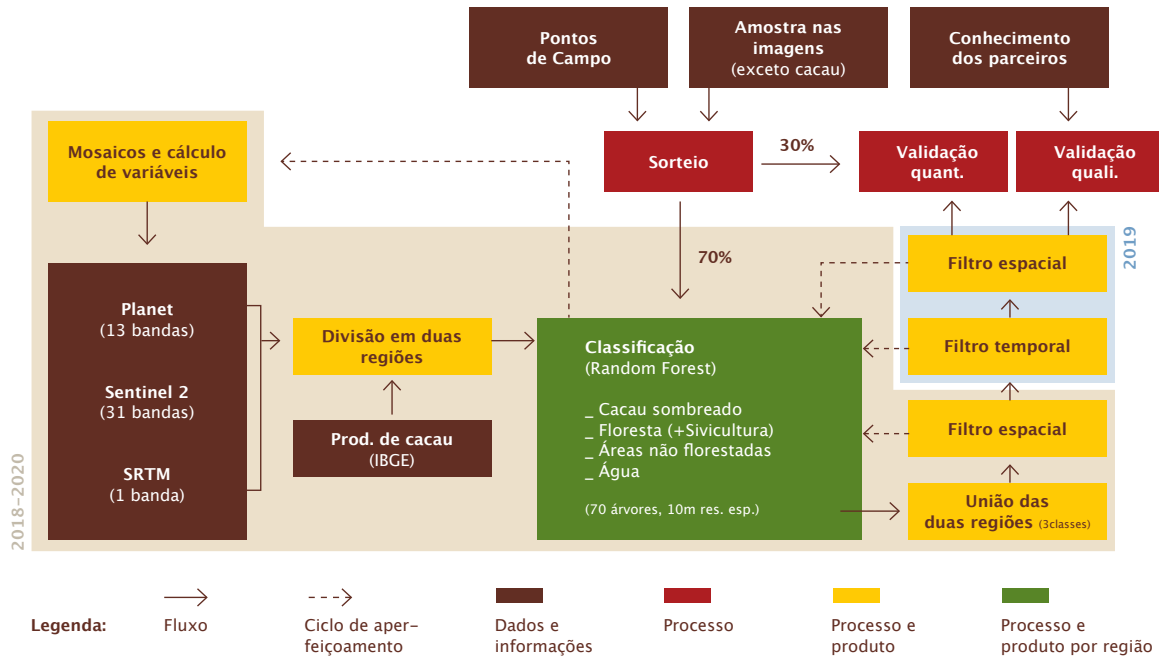


Figura 6: Resumo esquemático dos métodos adotados para gerar e validar o mapa de cacau sombreado para 83 municípios do sul da Bahia.



E. Ressalvas e limitações do mapeamento

Assim como os demais dados gerados pela rede MapBiomas, o mapeamento de cacau sombreado é um trabalho em contínuo aprimoramento. A consistência dos dados publicados é analisada e informada e as imperfeições que ainda persistirem serão solucionadas com aprimoramentos técnicos ou tecnológicos quando disponíveis. A distinção entre *cacau sombreado* e *floresta* foi realizada principalmente a partir de características do dossel (estrato mais alto da vegetação) e declividade do terreno e não da presença do cacau no sub-bosque em si. Por isso, é bastante provável que áreas de cacau sombreado abandonadas, mesmo com poucos pés de cacau atualmente, tenham sido mapeadas como áreas de cultivo, tendo em vista que o dossel pode manter as características de áreas produtivas

por diversos anos. A área mapeada de cacau sombreado, portanto, não deve ser entendida como área efetivamente produtiva hoje em dia. A correção desta limitação dependeria do uso de dados de sensoriamento remoto que penetram no interior da floresta, como dados de radar ou laser.

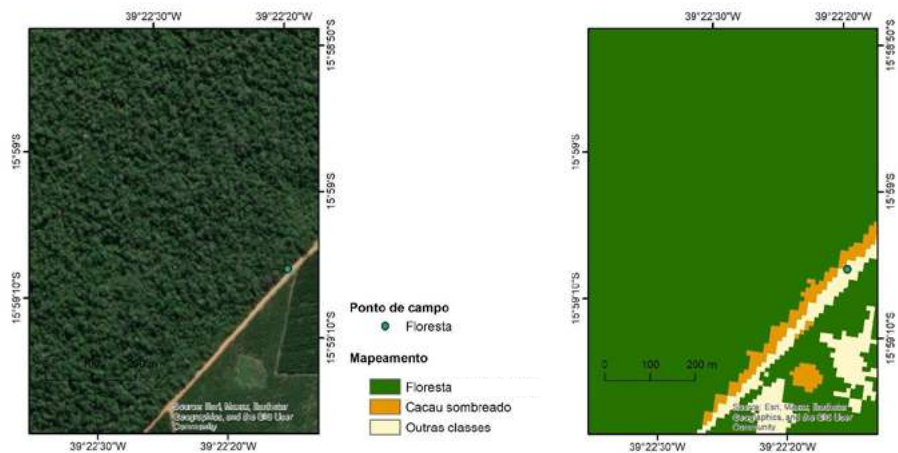
É importante considerar ainda que, além da similaridade entre as classes *Floresta* e *Cacau sombreado* em termos de resposta registrada nas imagens de satélite utilizadas, ambas são coberturas da terra intrinsecamente heterogêneas. Dessa forma, nota-se que áreas de floresta mais degradadas e, portanto, com estrutura florestal semelhante à de cabucas, podem apresentar erros de omissão, sendo classificadas como cacau. Isto ocorre especialmente em bordas florestais (Figura 7), florestas

ripárias, florestas que foram sujeitas à exploração seletiva de madeira ou em pequenos fragmentos florestais, que apresentam uma alta proporção de borda em relação ao interior. Esse tipo de confusão é relevante em especial levando em consideração a grande, e ainda crescente, proporção de florestas jovens e/ou degradadas na Mata Atlântica¹⁹.

Por outro lado, dentro de áreas de cacau sombreado é comum ocorrer trechos menos manejados, que tendem a apresentar estrutura florestal mais próxima da classe de floresta não manejada. Observando o mapa em

detalhe, é comum notar pequenas manchas classificadas como *Floresta* dentro de áreas de cultivo de cacau, o que pode refletir tanto eventuais erros do classificador como estas áreas de cultivo pouco manejadas. Por isso, embora seja possível e desejável buscar o aperfeiçoamento do mapeamento, não é esperado que se alcance uma acurácia similar à de mapeamentos de alvos mais homogêneos e distintos, como no caso de monoculturas não sombreadas, por exemplo. O mapeamento tem área mínima de aproximadamente 0,5 ha (veja item 4.D). Tendo em vista as limitações descritas, as estimativas de área devem ser usadas com cautela.

Figura 7: Exemplo de erros de omissão da classe floresta e comissão da classe cacau em uma borda florestal.



F. Alertas de desmatamento

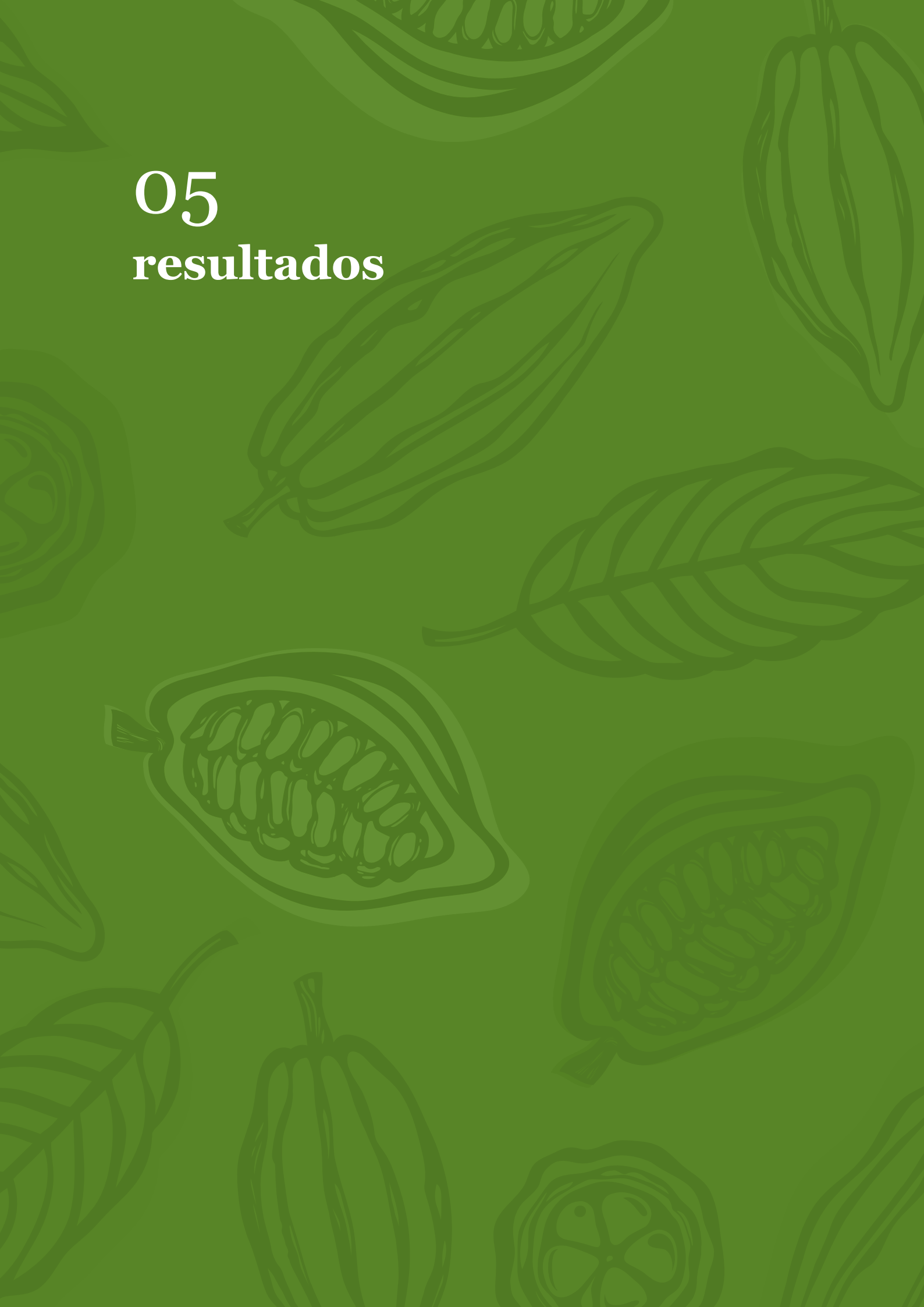
MapBiomas Alerta é uma das iniciativas da rede MapBiomas, que faz, a partir de imagens de alta resolução, a validação e o refinamento de alertas de desmatamento emitidos por diferentes instituições do Brasil e do exterior¹⁶. No caso da área abordada no presente relatório, as fontes dos alertas originais são GLAD²⁰, SAD-

CAATINGA²¹, SAD-MATA ATLÂNTICA²² e ATLAS DA MATA ATLÂNTICA²³.

Foi feito o download do arquivo vetorial (shapefile) de alertas validados e refinados no território analisado para os anos de 2019 a 2022 e a área dos alertas foi calculada por ano e município com a projeção Albers Equal Area.

05

resultados



resultados

A. Estimativa de acurácia do mapeamento

A comparação quantitativa entre o mapa obtido e os pontos de referência (visitados em campo ou obtidos em imagens), comumente chamada de “matriz de confusão”, encontra-se resumida na **Tabela 1**. A linha diagonal da tabela apresenta os pontos de referência que correspondem à classe correta no mapa. A soma dos valores dessa linha dividida pelo número total de pontos fornece a estimativa da exatidão global do mapa, que foi de 79,9%. Os erros e acertos em cada classe de uso e cobertura da terra são resumidos na última coluna e na última linha da tabela. A última linha apresenta a acurácia do produtor, que quantifi-

ca a proporção dos pontos de referência da classe que foram corretamente classificados no mapa, indicando erros de omissão (dados pelo valor ‘1 – acurácia do produtor’). A acurácia do usuário, apresentada na última coluna, estima a probabilidade de um pixel classificado no mapa representar a categoria correta no campo, indicando erros de comissão, de forma análoga²⁴.

Nota-se que a principal classe do mapeamento, cacau sombreado, apresenta acurácias do produtor e do usuário satisfatórias, próximas de 80%. A maior dificuldade ainda reside na classe de Floresta, que apresenta erros de omissão e comissão um pouco maiores.

Tabela 1: Matriz de confusão e acurácia (Ac.) do produtor(prod.) e do usuário de cada classe do mapeamento.

						Referência
		Floresta	Cacau	Outros	Soma	Ac. usuário (%)
Mapa	Floresta	171	56	11	238	71,8
	Cacau	50	257	12	319	80,6
	Outros	12	11	178	201	88,6
	Soma	233	324	201	758	
	Ac prod. (%)	73,4	79,3	88,6		

B. Mapeamento do cultivo de cacau sombreado

O padrão de distribuição espacial da produção de cacau observado no mapeamento obtido (Figura 8) é condizente com o estimado pelo IBGE (Figura 3), com maior área de cultivo nas regiões central, leste e norte do território estudado, e predomínio de *Floresta* no oeste e sul. Adicionalmente, a vegetação de grandes maciços florestais, como no caso de unidades de conservação, está bem caracterizada no mapeamento, com predominância da classe *Floresta*, como esperado, à exceção do Refúgio da Vida Silvestre de Una, onde realmente há cultivo de cacau. Nota-se que, também como esperado, o cultivo de cacau se concentra ao longo dos rios e em regiões mais planas ou bordas de morros, enquanto nas maiores declividades predominam florestas (Figura 9).

A partir do mapeamento realizado estima-se que aproximadamente 11% do território é coberto por cultivo de cacau sombreado, 35% por *Floresta* (incluindo silvicultura) e, pouco mais da metade por outras classes, as quais incluem água e áreas não florestadas, como áreas urbanas, áreas naturais não florestais, pasto e outros cultivos agrícolas (Figura 10). A área estimada de cultivo de cacau, 6.562 km², é maior que aquela estimada pelo IBGE para os mesmos municípios em 2019 (4.066 km²). Esta diferença pode ser, em parte, decorrente da inclusão de áreas de cultivo pouco produtivas ou abandonadas na classe *Cacau sombreado*, tendo em vista que a estrutura dos estratos mais altos da vegetação característica das áreas de cultivo sombreado de cacau pode se manter durante muitos anos após o abandono do mesmo (Figura 11). A confusão entre florestas degra-

dadas e *Cacau sombreado* (leia mais no item 5.A) também provavelmente contribui para um possível aumento da área estimada de cultivo. É possível ainda que a relação entre produção e área de cultivo seja mais variável no caso do cacau do que em outras culturas agrícolas, em especial monoculturas anuais, o que pode gerar imprecisão nas estimativas do IBGE de área dedicada à produção, já que o referido dado se baseia na estimativa e acompanhamento de safra, que é traduzido em dados de área de plantio²⁵.

A maior área contínua de cultivo foi estimada em 1.069 km² e se estende do sudeste de Ibirapitanga e sudoeste de Camamu até Buerarema, passando por Maraú, Ubaitaba, Aurelino Leal, Itacaré, Uruçuca, Ilhéus, Itajuípe, Barro Preto e Itabuna. Cerca de 2.406 km² (37% da área estimada de cultivo) estão em áreas contínuas (sem considerar limites de propriedades rurais) com 10 km² ou mais, enquanto 2.695 km² encontram-se em áreas de menos de 0,5 km² (41%) (Figura 12). O município com maior área estimada de cultivo sombreado de cacau é Ilhéus, seguido por Belmonte, Una e Camacã (Figura 13). A área estimada de cultivo sombreado de cacau em todos os 83 municípios analisados se encontra no ANEXO I. O arquivo matricial do mapeamento está disponível publicamente em https://mapbiomas.org/mapbiomas_cacau_1.

No território analisado, de acordo com o GeoBahia²⁶, até 11 de abril de 2023 havia cerca de 34.873 km² inseridos no cadastro ambiental rural, o que compreende 57,7 % da área total estudada. Estima-se que aproximadamente 2.850 km² de cacau sombreado (~43,4% da área mapeada de cacau) encontram-se dentro de propriedades inseridas no CAR.

Figura 8: Mapa do cacau sombreado em 83 municípios no sul da Bahia em 2019.

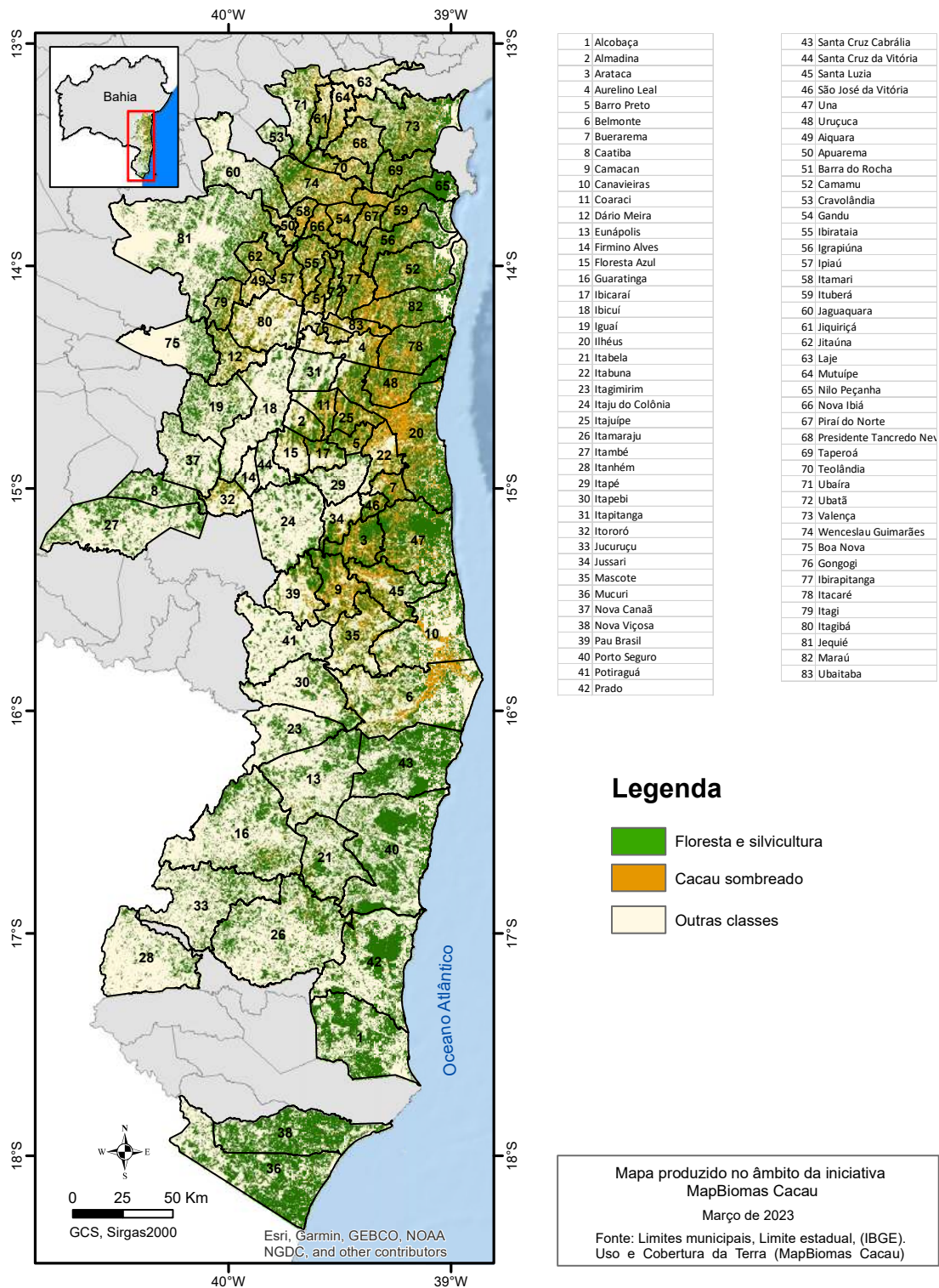


Figura 9: Associação entre (A) declividade, obtida a partir do SRTM Plus e (B) distribuição espacial de florestas (em verde) e cultivo sombreado de cacau (em marrom).

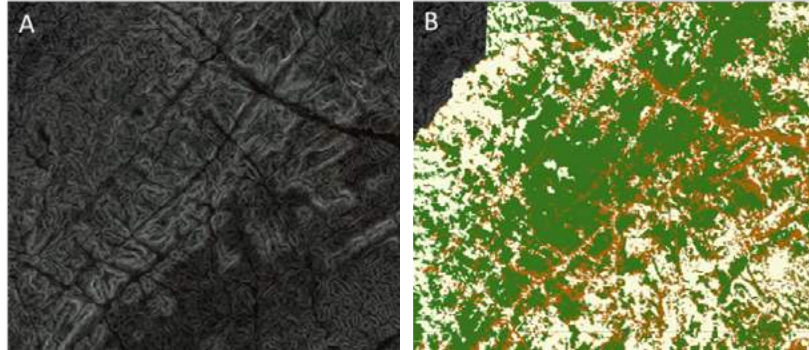


Figura 10: Área (km²) e proporção de floresta (incluindo silvicultura) e cultivo sombreado de cacau em 83 municípios no sul da Bahia.

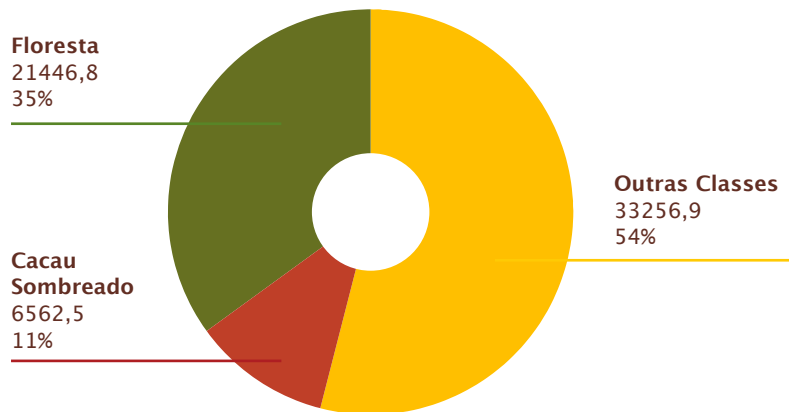


Figura 11: Exemplo de área de cultivo de cacau produtiva (CP) e abandonada (CA) em imagem de alta resolução espacial

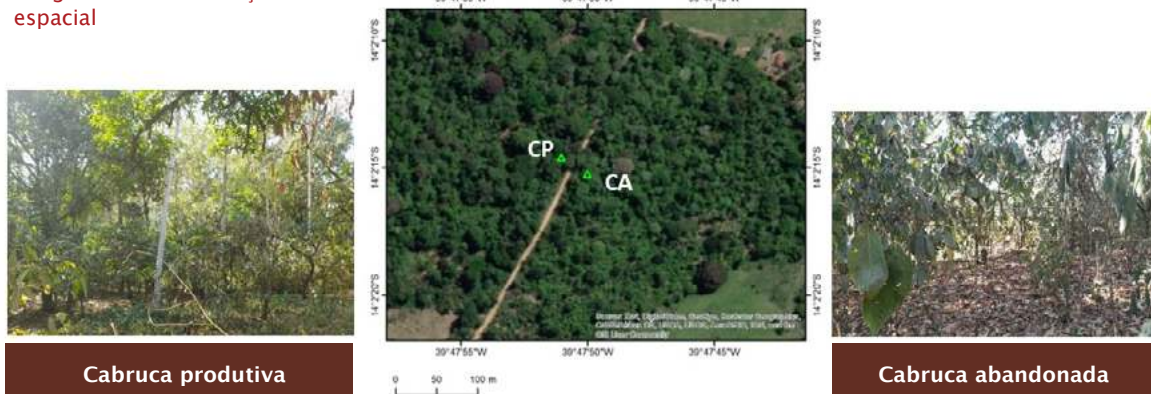


Figura 12: Distribuição da área de cultivo de cacau sombreado em classes de tamanho de área contínua (sem considerar limites de propriedades rurais).

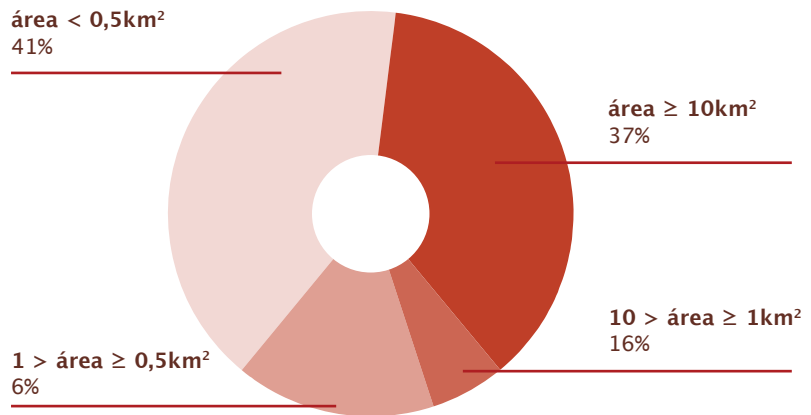
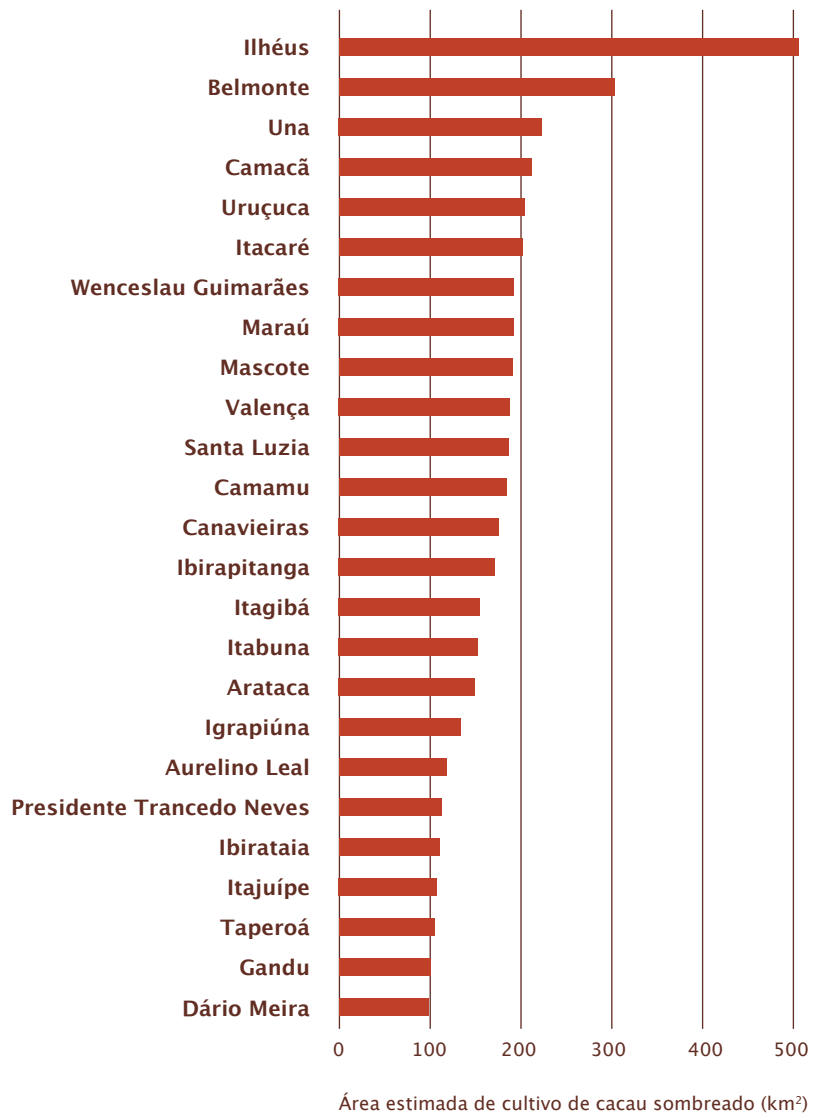


Figura 13: Área (km²) estimada de cultivo sombreado de cacau nos 25 municípios com maior área estimada de cultivo no território estudado.



C. Alertas de desmatamento

Foram detectados 12.001 ha de alertas de desmatamento no território estudado entre 2019 e 2022. Não se observa uma tendência clara de crescimento ou decréscimo do desmatamento no período, tendo aumentado entre 2019 e 2020, mas caído entre 2021 e 2022 (Figura 14). Os municípios com maiores áreas de alertas de desmatamento no período foram Canavieiras (723 ha), Santa Luzia (566 ha), Belmonte (565 ha), Itagibá (473 ha), Camacã (428 ha), Caatiba (399 ha), Ilhéus (302 ha) e Itamaraju (301 ha). Não se observa um padrão claro de distribuição espacial dos municípios com maior área de alertas de desmatamento no referido período (Figura 15).

Do total de alertas neste período, 2.497 ha (20,8%) se encontravam em áreas classificadas como *Cacau sombreado* em 2019. Essa proporção é semelhante à proporção de cacau em relação à área potencialmente passível de desmatamento (cacau + floresta), indicando que não parece haver uma tendência clara de mais desmatamento em floresta ou, alternativamente, em áreas de cultivo de cacau sombreado. Os municípios com maior proporção de alertas de desmatamento em áreas classificadas como *Cacau sombreado* em 2019 são Camacã, Itagibá, Belmonte e Itabuna (Figura 16).

Figura 14: Área (ha) de alertas de desmatamento nos 83 municípios analisados segundo o MapBiomas Alerta entre 2019 e 2022.

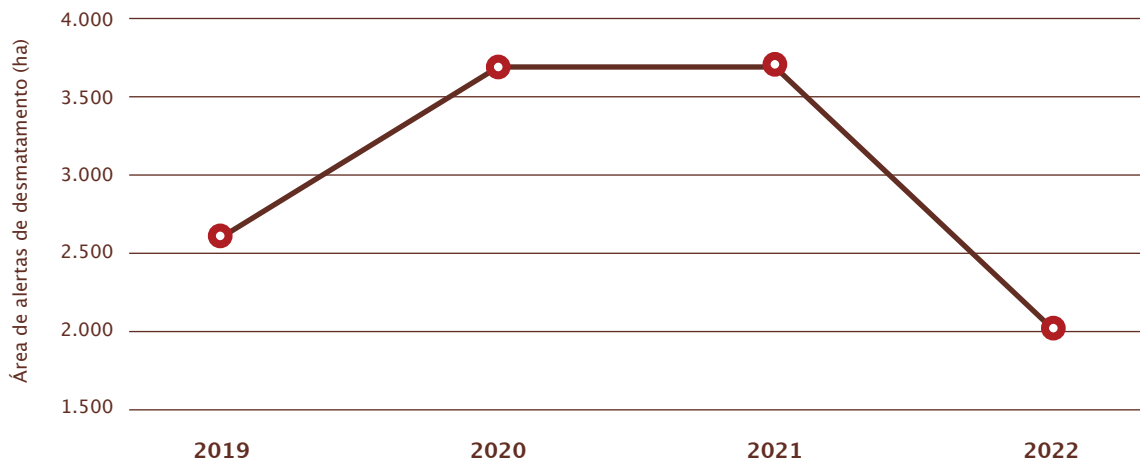


Figura 15: Área (ha) de alertas de desmatamento por município entre 2019 e 2022 segundo o MapBiomias Alerta.

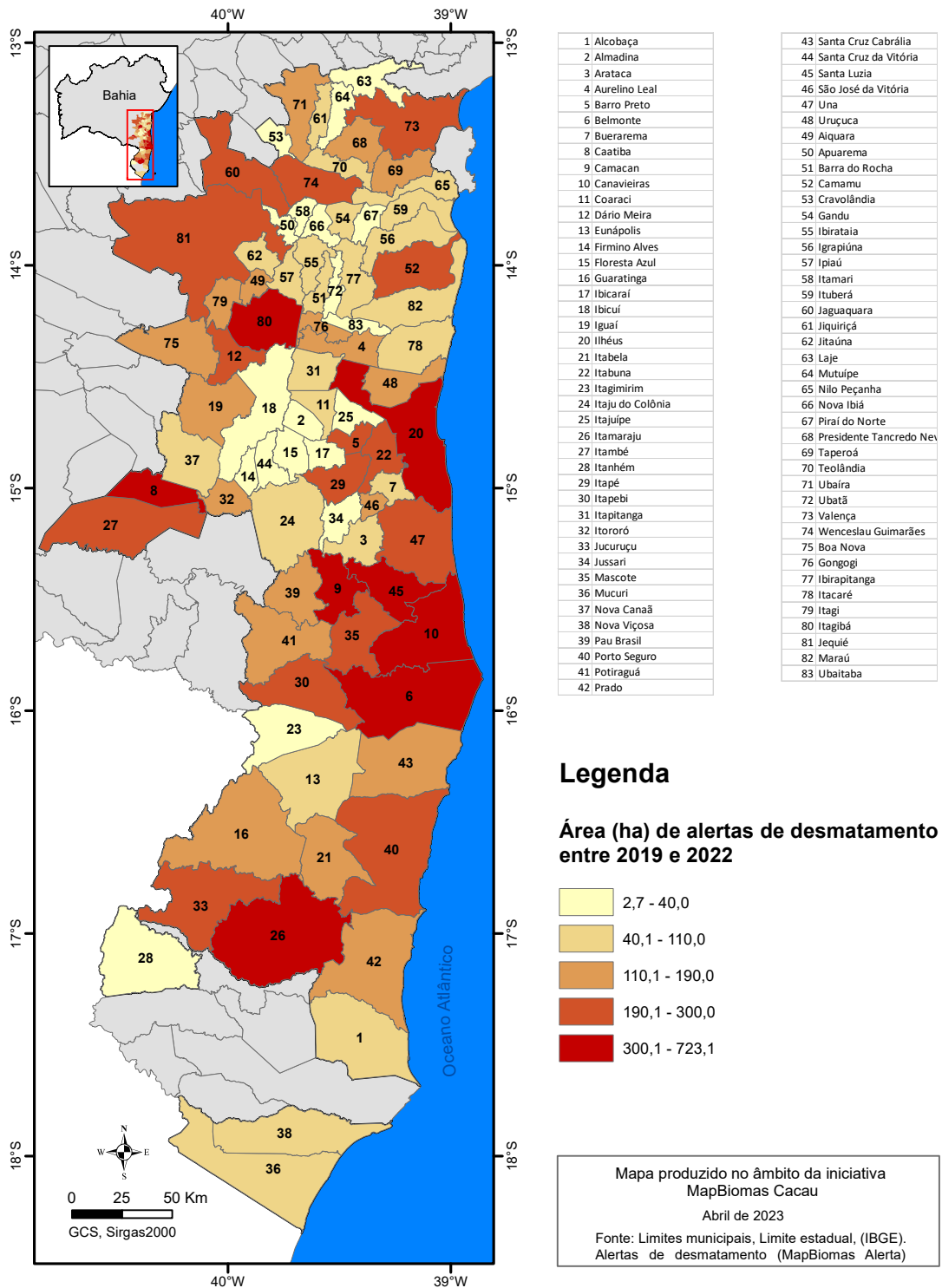
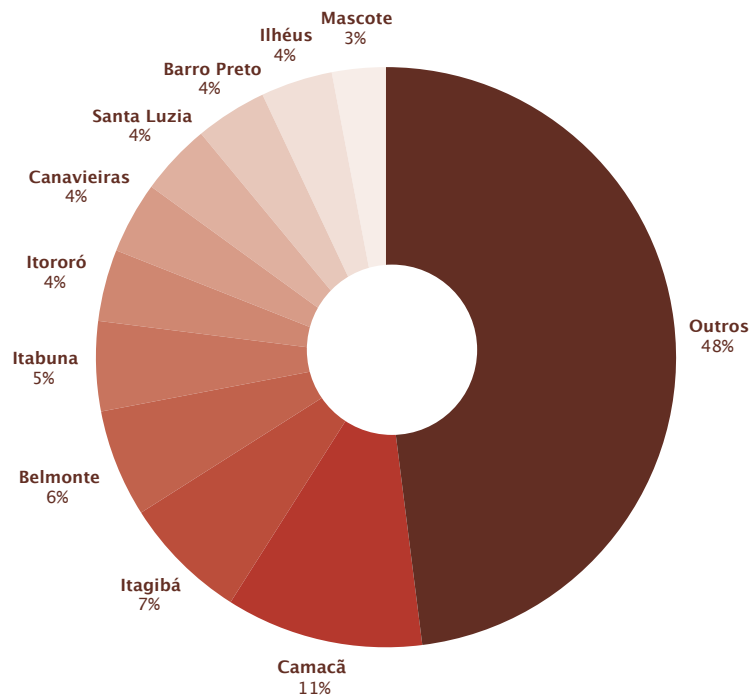
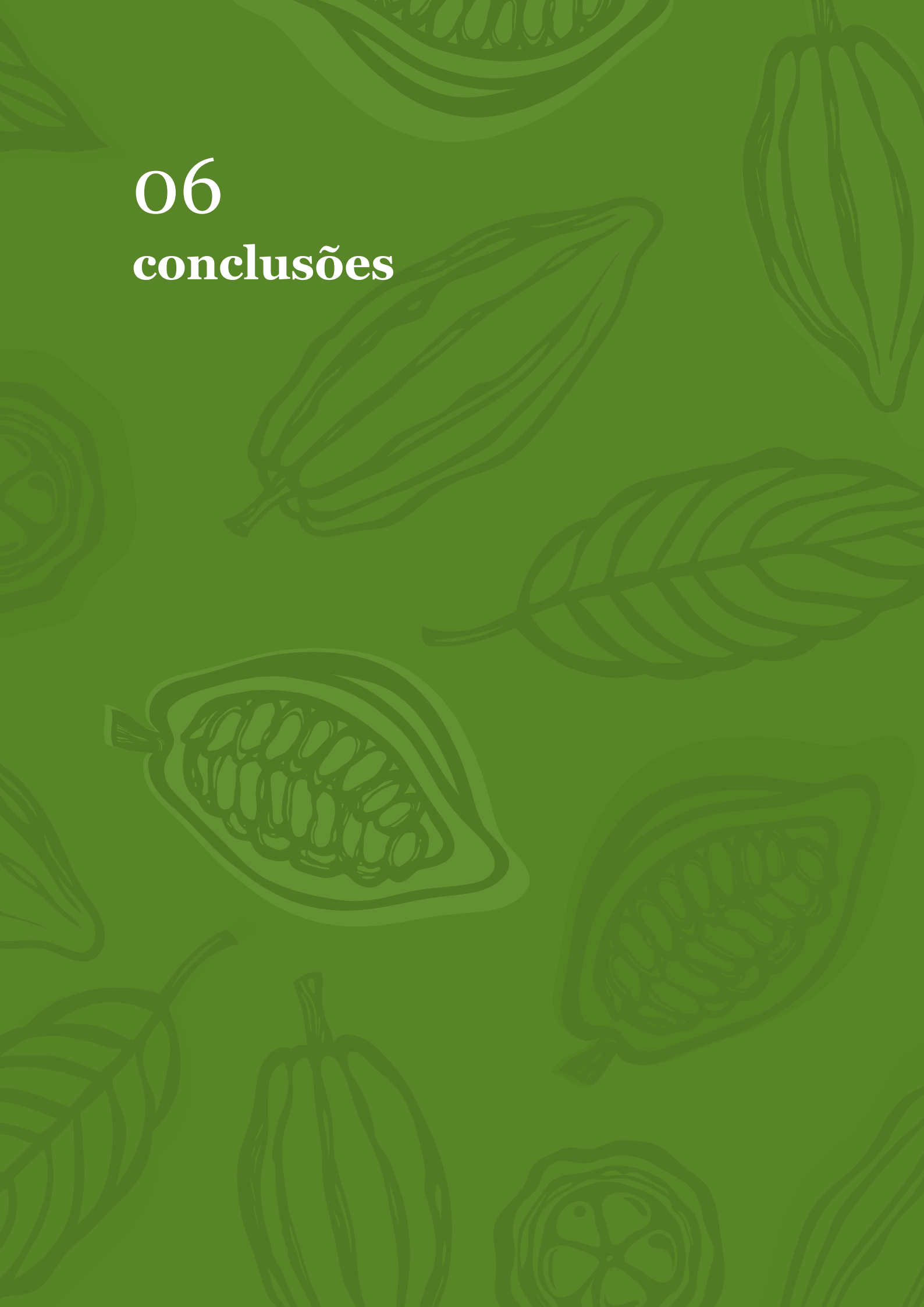


Figura 16: Distribuição, por município, da área dos alertas de desmatamento entre 2019 e 2022 sobre áreas classificadas como Cacaú sombreado em 2019 no território estudado.



06

conclusões



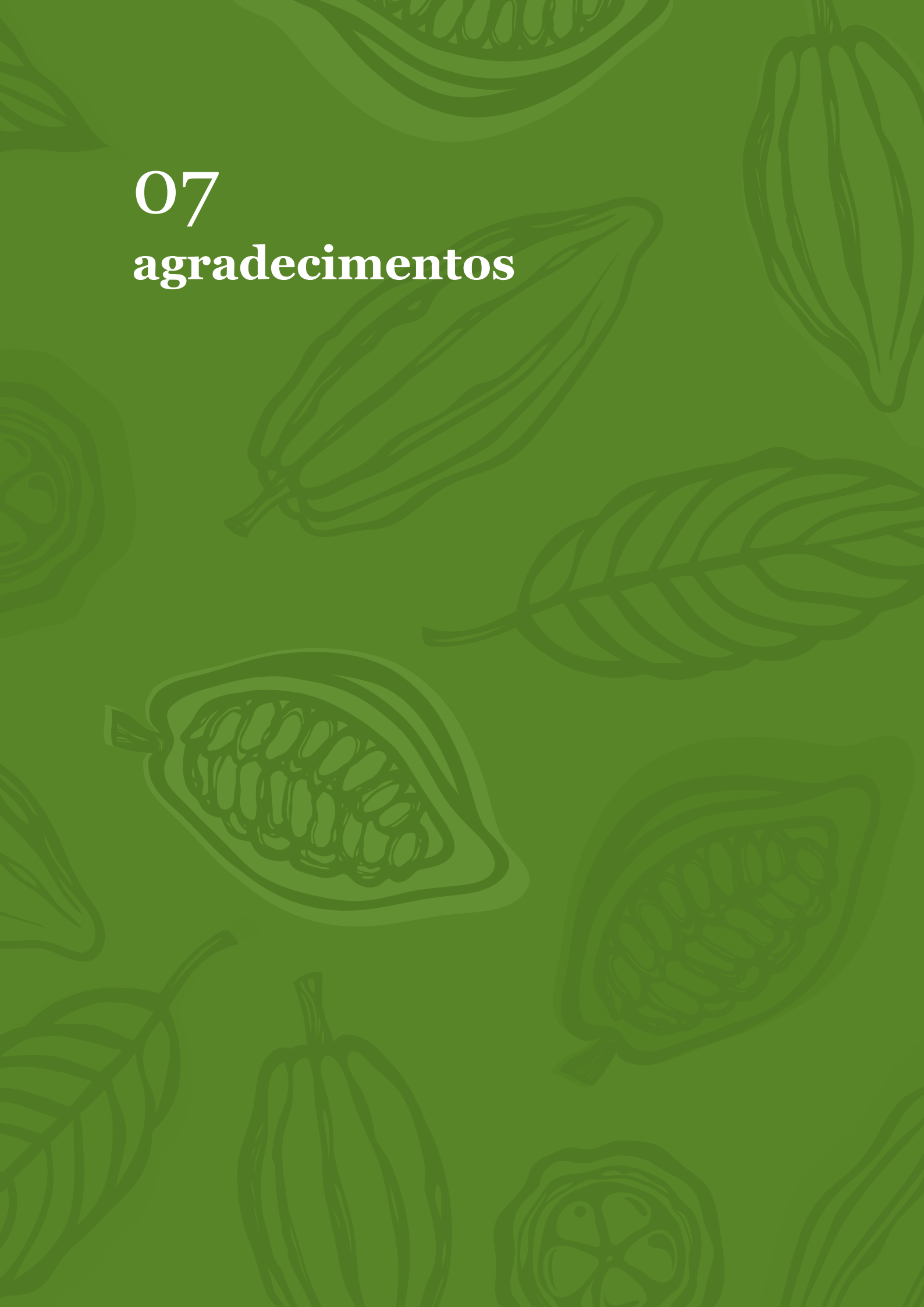
conclusões

A abordagem metodológica utilizada no presente trabalho apresentou resultados satisfatórios, o que se observa na acurácia estimada para a classe *Cacau sombreado* em torno de 80%, representando assim um significativo avanço no mapeamento de áreas com respostas espectrais muito similares. A distribuição espacial do cultivo de cacau no mapeamento está de acordo com o esperado tanto em termos de regiões com maior produção como em termos da associação que se observa entre declividade do terreno e áreas de cultivo. Os principais desafios ainda são as áreas de cultivo pouco manejadas ou abandonadas e florestas degradadas, em especial áreas sujeitas à exploração madeireira, florestas ripárias degradadas, bordas e pequenos fragmentos florestais, assim como a heterogeneidade intrínseca de florestas e áreas de cultivo de cacau sombreado.

O aperfeiçoamento do mapeamento pode ser buscado através de novos dados de sensoriamento remoto, como por exemplo LIDAR ou imagens de radar, que penetram na cobertura florestal, novos dados de campo e teste de outros classificadores. Tal avanço é de grande importância tendo em vista tanto a relevância econômica do cultivo de cacau na região estudada como o seu efeito benéfico na conectividade da paisagem e na provisão de serviços ecossistêmicos.

07

agradecimientos

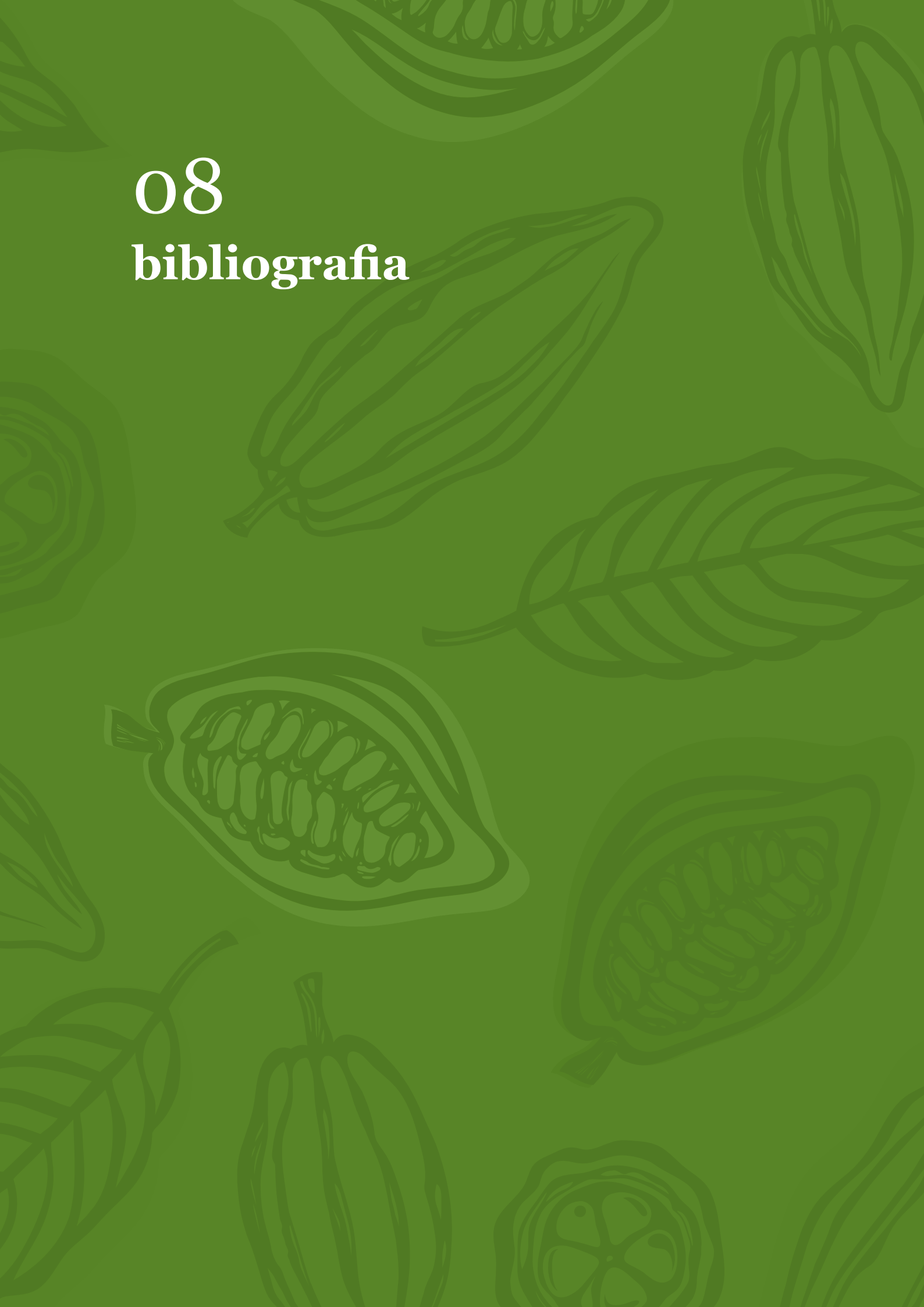


agradecimentos

O MapBiomias Cacau agradece aos seguintes alunos, professores e colaboradores de instituições parceiras que contribuíram de maneira decisiva para este trabalho através da disponibilização de dados de campo sobre a ocorrência de floresta e de cacau sombreado e/ou com feedbacks qualitativos sobre erros e acertos do mapeamento: José Victor Ferreira, Marina Figueiredo, Martín Cervantes López, Lais Rodrigues, Paloma Resende, Rebeca Sampaio, Maria Lavanhole Ventrin, Zubaría Waqar, Julian Barillaro, Matheus Walder, Flavia Weber de Souza, Vanine Haywanon, Gaston Giné (todos da UESC), Gabriela Narezi (UFSB), Leonardo de Carvalho Oliveira (UERJ/Bicho do Mato Instituto de Pesquisa), Rafaella Rodrigues Santana (MARS), Fabiano Santana e Gabriel Chaves (Tabôa Fortalecimento Comunitário).

08

bibliografia



bibliografia

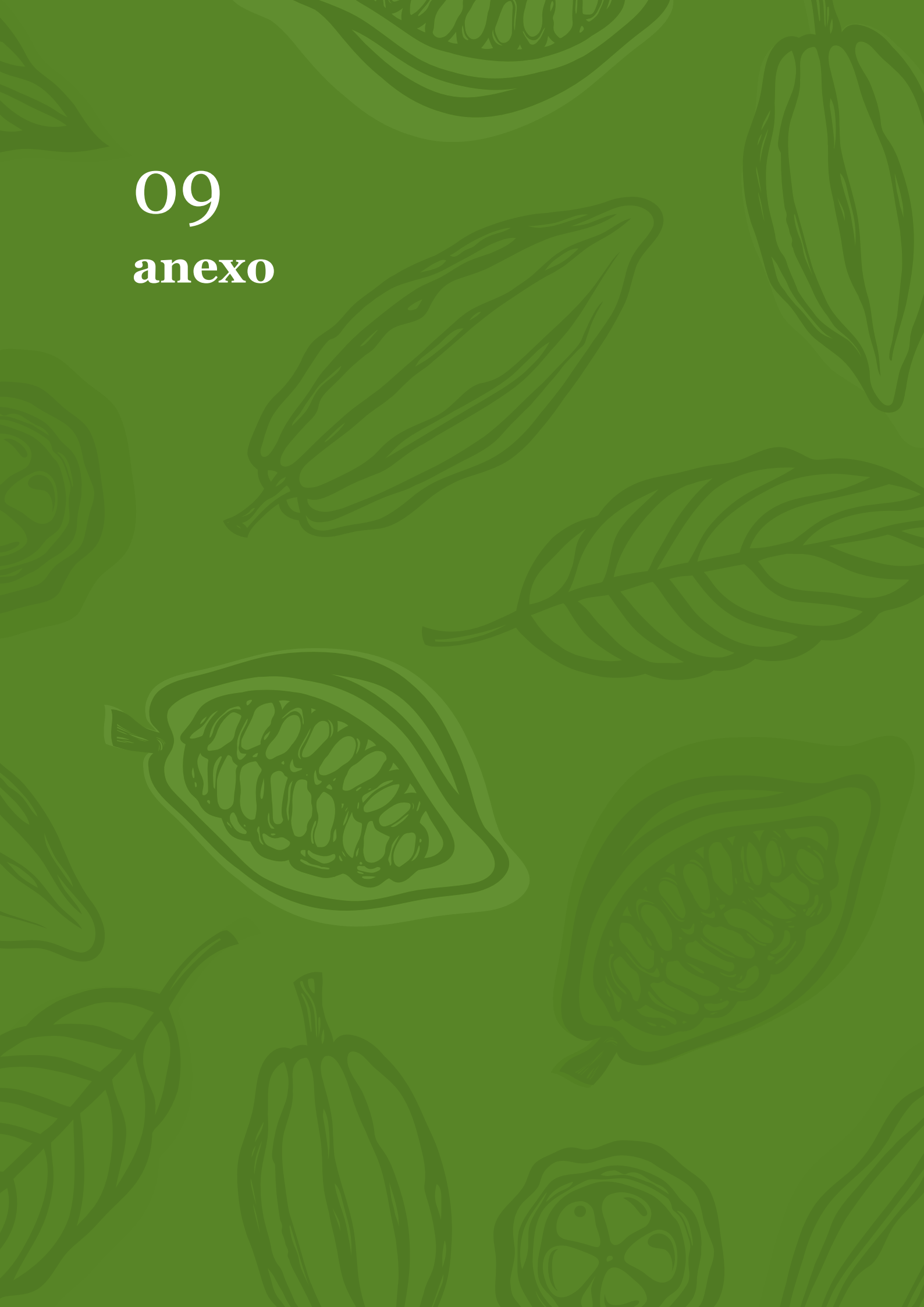
1. Piasentin, F. B. & Saito, C. H. Os diferentes métodos de cultivo de cacau no sudeste da Bahia, Brasil: Aspectos históricos e percepções. *Bol. do Mus. Para. Emilio Goeldi Ciências Humanas* **9**, 61–78 (2014).
2. Sanches, G. C. D. S. Análise de viabilidade econômica dos principais modais de produção de cacau no Sul da Bahia: Cabruca e SAF–Cacau Seringueira. (2019).
3. Cuenca, M. A. G. & Nazário, C. C. *Importância Econômica e Evolução da Cultura do Cacau no Brasil e na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1990 e 2002*. (2004).
4. IBGE. Produção Agrícola Municipal. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>.
5. Faria, D., Laps, R. R., Baumgarten, J. & Cetra, M. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Biodivers. Conserv.* **15**, 587–612 (2006).
6. Cassano, C. R., Schroth, G., Faria, D., Delabie, J. H. C. & Bede, L. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodivers. Conserv.* **18**, 577–603 (2009).
7. Schroth, G. et al. Contribution of agroforests to landscape carbon storage. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* **20**, 1175–1190 (2015).
8. Numbisi, F. N., Van Coillie, F. M. B. & De Wulf, R. Delineation of Cocoa Agroforests Using Multiseason Sentinel–1 SAR Images: A Low Grey Level Range Reduces Uncertainties in GLCM Texture–Based Mapping. *ISPRS Int. J. Geo-Information* **8**, 179 (2019).

9. Batista, J. E. et al. Optical time series for the separation of land cover types with similar spectral signatures: cocoa agroforest and forest. *Int. J. Remote Sens.* **43**, 3298–3319 (2022).
10. Venturieri, A. et al. The Sustainable Expansion of the Cocoa Crop in the State of Pará; and Its Contribution to Altered Areas Recovery and Fire Reduction. *J. Geogr. Inf. Syst.* **14**, 294–313 (2022).
11. Landau, E. C. PADRÕES DE OCUPAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM NA MATA ATLÂNTICA DO SUDESTE DA BAHIA , BRASIL. in *Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia – CD-ROM* (eds. Prado P.I., Landau E.C., M. R. T. & Pinto L.P.S., F. G. A. B. and A. K.) (IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP, 2003).
12. Saatchi, S., Agosti, D., Alger, K., Delabie, J. & Musinsky, J. Examining Fragmentation and Loss of Primary Forest in the Southern Bahian Atlantic Forest of Brazil with Radar Imagery. *Conserv. Biol.* **15**, 867–875 (2001).
13. Gomes, R. L. et al. Panorama do uso e ocupação do solo presente nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Almada–BA. *Rev. Geogr.* 98–115 (2013).
14. Cavalcante, P. J. de C. N. et al. Spectral Evaluation of Cocoa : A Methodological Proposal for its Management and Application of the Cabruca Decree. *Floresta e Ambient.* **30**, 1–11 (2023).
15. MAPBIOMAS, coleção 7. (2023). Available at: <https://mapbiomas.org/>.
16. MapBiomas Alerta. (2023). Available at: <http://alerta.mapbiomas.org/>. (Accessed: 24th March 2023)
17. Guides, U. Nicfi Data Program User Guides.
18. NASA, L. D. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Quick Guide. Available at: https://lpdaac.usgs.gov/documents/13/SRTM_Quick_Guide.pdf.
19. Rosa, M. R. et al. Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Sci. Adv.* **7**, 1–9 (2021).
20. GLAD. (2023). Available at: <https://glad.umd.edu/>.

21. Webinar de pré-lançamento: Sistema de Alerta de Desmatamento para o Bioma Caatinga. (2022). Available at: https://www.youtube.com/watch?v=yw0c4ll_egl.
22. SAD Mata Atlântica. (2023). Available at: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/alertas/>.
23. Atlas da Mata Atlântica. (2023). Available at: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/>.
24. Congalton, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classification of Remotely Sensed Data. *Remote Sens. Environ.* **4257**, 34-46 (1991).
25. IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. (2023). Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=conceitos-e-metodos>.
26. SEIA/SEMA-BA. Geobahia. (2023). Available at: <http://mapa.geobahia.ba.gov.br/>.

09

anexo



anexo

Área estimada de cultivo de cacau sombreado em 2019 em 83 municípios do sul da Bahia

Município	Área (Km²)	Município	Área (Km²)
Ilhéus	498,5	Pau brasil	86,2
Belmonte	301,2	Teolândia	85,8
Una	221,1	Nova Ibiá	85,6
Camacã	207,3	Ituberá	84,3
Uruçuca	201,6	Nilo Peçanha	83,1
Itacaré	198,6	Buerarema	82,9
Wenceslau Guimarães	190,0	Ubaíra	82,4
Maraú	189,8	Ubaitaba	76,5
Mascote	189,1	Jitaúna	76,2
Valença	185,7	Barra do rocha	75,8
Santa luzia	183,6	Mutuípe	75,6
Camamu	182,2	Barro preto	73,8
Canavieiras	172,6	Coaraci	72,5
Ibirapitanga	169,9	Piraí do norte	72,3
Itagibá	152,4	Itagi	68,8
Itabuna	149,8	Jiquiriçú	57,6
Arataca	146,2	Itamari	56,3
Igrapiúna	130,0	Jequié	54,8
Aurelino leal	116,1	Jussari	51,4
Presidente Tancredo Neves	109,6	Itororó	51,3
Ibirataia	108,3	Aiquara	49,2
Itajuípe	105,2	Ubatã	47,9
Taperoá	102,3	Ibicaraí	47,1
Gandu	99,1	Almadina	45,6
Dário Meira	96,0	Gongogi	44,8
Ipiaú	91,0	Apuarema	40,3

Município	Área (Km ²)
Guaratinga	39,3
Floresta Azul	38,4
Laje	35,9
Itamaraju	34,5
São José da Vitória	33,0
Itabela	24,8
Itapebi	20,8
Jaguaquara	19,6
Iguaí	14,7
Porto seguro	14,2
Eunápolis	10,4
Prado	9,2
Mucuri	6,9
Ibicuí	5,9
Jucuruçu	5,0
Itapitanga	4,9
Santa Cruz de Cabrália	3,4
Itapé	2,4
Itaju do colônia	2,2
Potiragua	1,9
Itagimirim	1,7
Boa nova	1,7
Firmino Alves	1,5
Cravolândia	1,4
Nova Canaã	0,7
Caatiba	0,6
Santa Cruz da Vitória	0,6
Itambé	0,5
Nova viçosa	0,5
Alcobaça	0,3
Itanhém	0,0



financiadores:



apoiadores:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA



