



Universidad Internacional de Andalucía

Máster oficial

Agroecología: un enfoque para la sustentabilidad rural

Trabajo de fin de máster

**Metabolismo Social Agrário de um Agroecossistema no Semiárido
Brasileiro**

Autor

Luciano Marçal da Silveira

Tutor

Manuel González de Molina

Co-tutor

Rômulo Simões Cezar Menezes

Baeza 2021

AUTORIZACIÓN Y VISTO BUENO PARA PRESENTACIÓN DE TFM

Nome do aluno: Luciano Marçal da Silveira

Título do TFM: Metabolismo Social Agrário de um Agroecossistema no Semiárido Brasileiro

Máster en Agroecología, un enfoque para la sustentabilidad rural

Curso 2019/2020

Resumo

O presente estudo se dirige a aprimorar os métodos de análise de sustentabilidade socioecológica dos agroecossistemas de base familiar por meio da integração das ferramentas e abordagens teórico-conceituais empregadas pelo Método de Análise Econômico-ecológica de Agroecossistemas - LUME e pelo Metabolismo Social Agrário - MA. Para tanto, foi realizado um exercício prático em um agroecossistema de base familiar na Borborema, Nordeste do Brasil, adotando procedimentos combinados das duas abordagens para a coleta, registro, processamento de dados biofísicos e econômico-ecológicos, assim como a análise do seu desempenho orientados pela combinação dos indicadores produzidos por ambas metodologias. O exercício realizado demonstrou a viabilidade e pertinência de integração das duas ferramentas. A combinação de indicadores do LUME e MA, no estudo do agroecossistema evidenciou de forma substantiva a amplitude e potencial analítico para avaliar o desempenho socioecológico do agroecossistema estudado. A análise metabólica do MA permite verificar a capacidade de reprodução ecológica do sistema, ou seja, estabelecer índices de sustentabilidade com base em uma análise materialista. Por outro lado, o LUME proporciona uma visão sobre a remuneração efetiva do trabalho do núcleo social de gestão do agroecossistema, oferecendo também uma boa visão sobre a autonomia técnica e econômica do sistema. Em que pese os resultados alcançados, o aprimoramento e consolidação de uma abordagem metodológica integradora dos dois métodos demandará estudos complementares que são apontados ao fim do referido trabalho.

Palavras-chave: Agroecologia; Metabolismo Social; Metabolismo Social Agrário; Economia; Agricultura familiar

A la vista del texto final del TFM presentado por Luciano Marçal da Silveira, con título “Metabolismo Social Agrário de um Agroecossistema no Semiárido Brasileiro”, doy el visto bueno a su presentación y defensa ante el tribunal correspondiente al cumplir los criterios suficientes de calidad en su contenido y forma.

Para que conste y surja los efectos oportunos, lo firmo en 20 de octubre de 2021

NOMBRE DIRECTORA

Sumário

Metabolismo Social Agrário de um Agroecossistema no Semiárido Brasileiro	1
I. Introdução	4
II. Justificativa	5
III. Objetivos	10
IV. Materiais e métodos	11
V. Desenvolvimento (resultado e discussão)	21
1. Composição do NSGA e Estrutura do Agroecossistema	21
2. Resultados sintéticos produzidos pelo Método LUME	24
2.2 - Resultados econômicos – síntese	27
3. O Metabolismo Social Agrário do Agroecossistema	29
3.1 - Produção e uso da biomassa por parcela e cálculo da PPM	29
3.2 Sistemas Pecuários	39
3.3 – Funcionamento do Agroecossistema sob a perspectiva do Metabolismo Agrário	45
3.4 Eficiência energética do agroecossistema:	49
VI. Conclusões	50
VII. Futuras linhas de investigação	54
VIII. Índice de imagens, tabelas, diagramas, gráficos.	55
IX. Bibliografia	57

I. Introdução

A crise civilizatória sem precedentes vivida na atualidade impõe à sociedade o desafio de construir alternativas de desenvolvimento mais sustentáveis. Uma fração expressiva dessa crise se manifesta no modelo de desenvolvimento agrário implementado desde os anos 1950 e que deu lugar à agricultura industrial e seus impactos negativos multidimensionais. Na contracorrente desse contexto, emerge um amplo e diversificado conjunto de experiências concretas alicerçadas em novas bases estruturais, assentadas nas agriculturas de base familiar, e conceituais, orientadas pelo paradigma técnico-científico da agroecologia.

Desenvolver referenciais conceituais e metodológicos capazes de confrontar o olhar analítico de trajetórias de desenvolvimento, orientados por paradigmas diametralmente opostos, constitui um dos grandes desafios da atualidade. As limitações inerentes ao emprego dos referenciais teórico e conceituais convencionais, orientados pela economia neoclássica, vem estimulando o desenvolvimento de novas abordagens, novos enfoques teóricos e metodológicos, capazes de retirar da invisibilidade dimensões essenciais na análise do desempenho econômico-ecológico dos sistemas agrários e agroalimentares.

As referências conceituais e metodológicas que orientam os estudos sobre o Metabolismo Social Agrário (MA) e o método LUME de Análise Econômico-ecológica de Agroecossistemas constituem contribuições importantes uma vez que buscam suprir as debilidades das abordagens econômicas convencionais. Verifica-se também que as duas metodologias, se combinadas, podem produzir informações complementares que ampliam a capacidade analítica da sustentabilidade em termos biofísicos e econômico-ecológicos dos agroecossistemas.

O presente estudo busca verificar a hipótese de que as duas abordagens teórico-conceituais podem ser integradas por intermédio de uma ferramenta comum de registro e processamento de dados biofísicos e econômico-ecológicos. Para tanto, seu objetivo foi testar a integração entre os procedimentos e ferramentas metodológicas do LUME e do MA por meio de um exercício prático em um agroecossistema de base familiar. Os resultados desse exercício permitiram identificar um conjunto de procedimentos novos necessários à sua integração e os resultados produzidos evidenciam as potencialidades da integração das duas ferramentas. Por fim, o estudo aponta linhas futuras de investigação.

II. Justificativa

A grave crise planetária vivida na atualidade em suas dimensões social, econômica, energética, ambiental e climática, expõe os limites do atual modelo de desenvolvimento. Uma fração importante dessa crise é tributária dos padrões de desenvolvimento da agricultura implementados nos últimos 70 anos. Ao transpor o enfoque técnico-econômico da indústria para a agricultura, a chamada “modernização da agricultura” engendrou nos processos de produção, fundamentos teóricos moldados a partir da combinação sinérgica entre um paradigma técnico-agronômico e a teoria econômica neoclássica, e foi responsável por ocultar um vasto conjunto de relações econômicas, ecológicas e políticas inerentes aos processos de desenvolvimento, gerando uma crise socioecológica sem precedentes (PETERSEN, et al 2017).

Em resposta à crise e à insustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento, emerge na sociedade um conjunto vasto de experiências concretas de desenvolvimento no mundo rural, assentadas em novas bases estruturais e conceituais. Destas, pode-se destacar dois fatores que ancoram os processos de construção de alternativas mais sustentáveis: a primeira se refere ao modo de produção de base familiar para a reconfiguração das formas de ocupação e gestão do espaço agrário; e a segunda se refere à construção da agroecologia como enfoque técnico-científico orientado para reintegração das relações socioecológicas entre a agricultura e os ecossistemas e para a reestruturação dos sistemas agroalimentares buscando responder às demandas atuais e futuras de acesso a alimentos pela população, conservando e melhorando a base de recursos necessárias à sua reprodução ao longo do tempo (PETERSEN, et al 2017).

Segundo Petersen *et al* (2017), em que pese o crescente reconhecimento social e político-institucional da agricultura familiar e da Agroecologia na atualidade, permanece ainda uma carência de ferramentas de análise que contemplem as racionalidades econômicas e ecológicas capazes de contrastar o desempenho de agroecossistemas de gestão familiar em bases ecológicas frente às lógicas empresariais que fundamentam a agricultura industrial.

O enfrentamento da crise da civilização moderna ou industrial exige o desenvolvimento de um marco conceitual integrador e interdisciplinar de caráter socioecológico capaz de combinar e harmonizar os estudos e pesquisas a respeito das relações entre a sociedade e a natureza e que seja funcional para a análise dessas relações no tempo e no espaço (TOLEDO 2013). As evidências da inadequação do emprego dos referenciais teórico e conceituais convencionais para dar sustentação aos desafios da crise socioecológica contemporânea vem estimulando o desenvolvimento de novas abordagens, novos enfoques teóricos e metodológicos, capazes de retirar da invisibilidade dimensões essenciais na análise do desempenho econômico-ecológico dos sistemas agrários e agroalimentares. Estes se orientam para construir abordagens capazes de superar o foco convencional que centra suas atenções exclusivamente no crescimento, para enfoques ancorados na sustentabilidade ecológica e na justiça distributiva e, portanto, que seja capaz de manter economias dinâmicas ao longo do tempo sem comprometer a base recursos sociais e ecológicos na qual se assenta (GONZÁLEZ DE MOLINA, *et al* 2019).

As referências conceituais e metodológicas que orientam os estudos sobre o Metabolismo Social Agrário (MA) e o método LUME de Análise Econômico-ecológica de

agroecossistemas constituem contribuições importantes nesse sentido uma vez que buscam suprir as debilidades das abordagens econômicas convencionais.

Segundo González de Molina *et al* (2019), o Metabolismo Social Agrário vem sendo desenvolvido inspirado nos fundamentos teóricos e metodológicos do Metabolismo Social, uma abordagem orientada para analisar o comportamento biofísico das sociedades, permitindo analisar o grau de sustentabilidade com ênfase na dimensão ambiental.

O Metabolismo Social Agrário é entendido como o intercâmbio de energia, materiais e informação que os agroecossistemas realizam com seu meio ambiente social e ecológico. Ele se reporta à apropriação da biomassa que membros de uma sociedade realizam para satisfazer seus consumos endossomáticos mediante o manejo dos agroecossistemas presentes em seu território, associados à prestação de serviços ecossistêmicos. (GONZÁLEZ DE MOLINA, 2019).

O Metabolismo Social Agrário (MA) é operacionalizado

por meio de uma proposta de cálculo metabólico da sociedade adaptada às peculiaridades da agricultura que se inspira em diferentes referências conceituais e metodológicas (EW-MEFA, MuSIASEM, etc..) e que se articula com as teorias e conceitos da agroecologia (González de Molina, et al 2019).

O estudo dos fluxos de energia e matéria entre a sociedade e a natureza é a base do metabolismo social, e para processar a análise do Metabolismo Social Agrário, a metodologia desenvolvida está orientada para estimar a produtividade primária líquida dos agroecossistemas (PPL), expressa em termos de matéria fresca e seca e energia bruta (GUZMÁN *et al* 2014).

A produtividade primária líquida é a taxa de energia realmente incorporada nos tecidos da planta (incremento da biomassa acumulada) e é resultado de processos opostos: a fotossíntese e a respiração. A produtividade primária líquida se expressa em termos de energia acumulada (joules/hectare/ano) ou em termos de matéria orgânica sintetizada (quilogramas/hectare/ano).

Em relação ao metabolismo agrário, é a produtividade primária líquida (PPL) a que tem interesse, já que a partir dela se constroem as cadeias tróficas. Ou seja, a PPL estabelece os limites da capacidade de manutenção das populações heterotróficas: todos os membros do reino animal (população humana, animais domesticados e fauna silvestre), fungos, grande parte das bactérias e arqueias. Conclui-se que a apropriação feita pelas sociedades humanas da PPL afeta a manutenção das demais populações de organismos heterotróficos que dependem dos mesmos recursos. (GONZÁLEZ DE MOLINA, 2019).

Segundo Guzmán *et al* (2014), a biomassa produzida nos agroecossistemas, mediante a conversão dos fluxos de energia (solar e, atualmente, fóssil) e mobilizando nutrientes e água, constituem a base que dá sustentação ao funcionamento dos agroecossistemas tradicionais e, até certo ponto, os mais integrados ao paradigma da agricultura industrial. A quantificação da PPL dos agroecossistemas e fluxos de biomassa configurados a partir disso, é essencial para criar perfis e avaliar sua sustentabilidade.

Ainda, segundo Guzmán *et al* (2014), nas abordagens metodológicas dominantes

*... apenas a biomassa que tem um valor de uso para a sociedade e, geralmente, apenas a fração que recebeu um valor de troca monetária é quantificada. Esse foco ignora uma parte significativa da biomassa produzida, cuja recirculação na agricultura e ecossistemas é fundamental para o seu funcionamento e para a manutenção de numerosas populações de organismos heterotróficos que habitam o planeta. A partir deste ponto de vista, a necessidade de quantificar toda a biomassa produzida pelos agroecossistemas se torna mais aguda, como resposta não apenas aos fluxos de energia e materiais importados, mas também para aqueles que recirculam dentro dos limites do sistema. O mesmo pode ser dito da necessidade de avaliar a magnitude da apropriação humana de biomassa que caracteriza os diferentes arranjos metabólicos. (GUZMÁN *et al* 2014).*

Para se proceder o cálculo da PPL, deve se tomar em conta a produtividade de todas as áreas cultivadas, assim como das áreas dedicadas a pastagens e produção florestal de um dado agroecossistema. Ou seja, considerar a produtividade de todos os espaços a partir dos quais o ser humano e a sociedade estudada extraem biomassa para atender às necessidades de seu próprio metabolismo. (GUZMÁN *et al* 2014).

O Método de Análise Econômica-Ecológica de Agroecossistemas, também conhecido como Método LUME, vem sendo desenvolvido com o propósito e necessidade de dar visibilidade às relações econômico-ecológicas essenciais nas estratégias de reprodução sociotécnica da agricultura familiar, mas que são sistematicamente ocultadas pelo emprego de referenciais analíticos derivados da Economia Neoclássica, fundamento econômico do paradigma da modernização agrícola.

Seus referenciais conceituais e metodológicos rompem com as leituras realizadas com base no paradigma da economia neoclássica e a forma como seus postulados se impuseram sobre a economia agrícola, limitando o horizonte dessa disciplina exclusivamente à esfera da circulação mercantil, em detrimento dos outros mecanismos de apropriação da natureza e integração social, responsáveis por regular os fluxos econômicos que conectam a produção de alimentos ao seu consumo (PETERSEN *et al* 2021).

Ao situar os agroecossistemas como unidades de gestão econômica-ecológica contextualizadas em territórios, o método procura lançar luzes sobre relações sociais e de poder que condicionam os processos de trabalho na apropriação, transformação, circulação e distribuição das riquezas socialmente produzidas na agricultura familiar. Para tanto, ele dialoga com teorias críticas elaboradas exatamente para revelar dimensões da vida social e do trabalho ocultadas pela teoria econômica hegemônica. São elas:

- *A Economia Ecológica, como o estudo dos processos cíclicos entre os bens ecológicos e os bens econômicos e como fundamento da análise da sustentabilidade desde a escala local até a escala global.*

- *A Economia Política, como o estudo das relações de poder implicadas nas esferas de produção, transformação e circulação de valores bem como a distribuição social da riqueza gerada pelo trabalho.*
- *A Economia Feminista que, a partir da crítica aos fundamentos da economia convencional, propõe novos conceitos e instrumentos analíticos para reconhecer e dar visibilidade ao trabalho das mulheres, bem como a sua participação na geração e na apropriação da riqueza social. Para tanto, expressa um ponto de vista crítico à divisão sexual do trabalho e ao patriarcalismo, elementos culturais e ideológicos que estruturam as relações econômicas dominantes nas esferas doméstica e pública. (PETERSEN et al 2017)*

Ainda para Petersen *et al* (2021), o método Lume enfoca a economia dos agroecossistemas a partir de uma perspectiva substantiva da economia e não de uma perspectiva formal. O significado substantivo da economia se relaciona e é decorrente da dependência que o ser humano tem da natureza para sobreviver. Refere-se ao intercâmbio com o seu meio natural e social, na medida em que isso resulta em lhe garantir os meios para satisfazer suas necessidades materiais. Já o significado formal implica um conjunto de regras e normativas abstratas referentes à escolha entre os usos alternativos de recursos escassos (POLANYI, 2012). A perspectiva substantiva da economia se coaduna com a adoção do Metabolismo Social como referencial teórico do LUME ao buscar analisar como os fluxos econômico-ecológicos se estruturam e se integram na realidade dos agroecossistemas, e desses com os territórios em que estão inseridos.

Sob uma perspectiva sistêmica, ao analisar a estrutura e funcionamento do agroecossistema, o método permite identificar, descrever e analisar o conjunto de fluxos econômico-ecológicos, seja no interior do agroecossistema, tirando partido dos fluxos de coprodução com a natureza (assimilado como uma troca por “reciprocidade ecológica”), seja com seu entorno socioecológico, nas trocas econômicas não mercantis (reciprocidade social), nas relações estabelecidas com os mercados e, por fim, nas relações com o Estado (redistribuição) (PETERSEN *et al* 2021).

Sob uma perspectiva econômico-ecológica, o método LUME busca qualificar e quantificar os fluxos de insumos e produtos responsáveis para reprodução do agroecossistema buscando identificar e analisar os recursos mobilizados pelo processo de trabalho agrícola.

Para o presente estudo, vale assinalar que a identificação e a quantificação dos fluxos dos insumos reproduzidos no agroecossistemas (reciprocidade ecológica) se dirigem aos bens ecológicos que são mediados pelo processo de trabalho, a exemplo das infraestruturas ecológicas produzidas pelo núcleo social de gestão do agroecossistema (NSGA) como a silagem, a esterqueira, banco de sementes etc. Assim, de forma inovadora, o método LUME reconhece, contabiliza e atribui valor econômico a bens ecológicos envolvidos no processo sociometabólico e aos serviços agroecossistêmicos que proporciona.

Os fluxos econômico-ecológicos associados à reciprocidade ecológica, contabilizados pelo método LUME, possuem uma relativa equivalência com os fluxos de Biomassa Reutilizada contabilizada pelo Metabolismo Social Agrário. Segundo González de Molina (2019), a Biomassa Reutilizada (BR) é a parte da biomassa que o núcleo social de gestão restitui intencionalmente ao agroecossistema. Ou seja, a reincorporação dessa biomassa vegetal ao agroecossistema é feita por meio do trabalho humano e tem uma

finalidade técnico-produtiva reconhecida e valorizada pelo NSGA. Em termos econômicos, correspondem à parcela dos consumos intermediários no processo produtivo gerada no próprio agroecossistema.

Em que pese a sensibilidade do método LUME para captar e analisar essa parcela da biomassa produzida, outros fluxos biofísicos presentes no agroecossistema não compõem o escopo das análises efetuadas pelo método. Esses fluxos respondem por frações de biomassa que acumulam e recirculam nos agroecossistemas cumprindo funções ecossistêmicas essenciais para a sua reprodução. De outro lado, faz parte dos referenciais conceituais e metodológicos do Metabolismo Social Agrário a contabilização do conjunto dos fluxos biofísicos e assim são elencados ainda a:

- a) Biomassa não coletada, isso é, que não é apropriada diretamente pelo NSGA no processo de trabalho, embora constitua importante fonte de energia e nutrientes para as cadeias tróficas por formar a base alimentar das espécies herbívoras que, por sua vez, fornecem a base para a reprodução dos organismos heterotróficos no agroecossistema (González de Molina, *et al* 2019).
- b) Biomassa acumulada, isto é, a biomassa que conforma a estrutura lenhosa da parte aérea e radicular das espécies perenes, constituindo um elemento essencial da infraestrutura ecológica, uma vez que é responsável por múltiplos serviços ecossistêmicos (ciclagem de nutrientes, abrigo da fauna e mesofauna, proteção dos solos, microclima etc.) (González de Molina, *et al* 2019).

Uma das qualidades intrínsecas do Metabolismo Social Agrário está justamente na sua abordagem metodológica que se dirige a contabilizar e analisar a totalidade dos fluxos de matéria, energia e informação que compõem os processos ecológicos nos agroecossistemas.

O panorama apresentado das duas abordagens metodológicas pode-se identificar uma forte complementaridade entre os referenciais analíticos e os indicadores ecológicos e econômicos produzidos pelo Metabolismo Social Agrário e do LUME, ampliando mutuamente os indicadores e parâmetros de análise de sustentabilidade dos agroecossistemas. O LUME fornece informações que podem explicar melhor as estratégias das famílias agricultoras a partir de uma análise econômica abrangente dos agroecossistemas e da contribuição dos trabalhos realizados pelos membros do núcleo familiar segundo as dimensões de gênero e geração e que a economia convencional não fornece. Por seu lado, o Metabolismo Social Agrário fornece informações biofísicas sobre o funcionamento do agroecossistema que a economia convencional também não oferece e permite analisar de forma abrangente a sustentabilidade socioecológica dos agroecossistemas.

No quadro abaixo pode-se observar ilustração comparativa de algumas características distintivas entre o método LUME, o Metabolismo Social Agrário e a contabilidade econômica convencional.

Quadro 1- Parâmetros de comparação abordagens LUME, Metabolismo Social Agrário e Contabilidade Econômica Convencional para estabelecimentos agrícolas.

Parâmetro	LUME	Metabolismo Social Agrário	Contabilidade Econômica Convencional
-----------	------	----------------------------	--------------------------------------

Enfoque econômico	substantivo	substantivo	formal
Enfoque ecológico	Fluxos econômico-ecológicos	Fluxos de matéria, energia e informação	inexistente
Unidade de análise	Agroecossistema	Agroecossistema	Empresa agrícola
Subunidade básica de análise	Subsistema	Parcelas manejadas	Produção comercial
Fluxos quantificados	Fluxos biofísicos regulados pelo processo de trabalho	Todos os fluxos biofísicos	Fluxos financeiros
Biomassa reciclada no agroecossistema regulada pelo processo de trabalho	Reciprocidade ecológica	Biomassa reutilizada	Não se aplica
Indicador de Produção Efetiva	Valor Agregado	Produtividade Primária Líquida	Renda Líquida (produção vendida – custos produtivos)
Produção exportada	Produto Bruto (produção vendida, doada, autoconsumida e estocada)	Biomassa Socializada	VBP (produção vendida)
Taxa de Retorno	Renda Agrícola (retorno pelo trabalho investido)	EROI ¹ (Taxa de retorno energético)	Rentabilidade Financeira (Retorno pelo capital)

O presente estudo buscou verificar a hipótese de que as duas abordagens teórico-conceituais podem ser integradas por intermédio de uma ferramenta comum de registro e processamento de dados biofísicos e econômico-ecológicos. Essa ferramenta fundamenta-se nos procedimentos empregados no método LUME para descrever a estrutura e o funcionamento dos agroecossistemas, bem como para quantificar seus fluxos econômico-ecológicos, ao qual se associam aos procedimentos do Metabolismo Social Agrário para quantificar os fluxos de matéria, energia e informação dos processos sócio metabólicos nos agroecossistemas.

III. Objetivos

Objetivo geral:

- Testar a integração entre os procedimentos e ferramentas metodológicas do LUME e do MA por meio de um exercício prático em um agroecossistema.

Objetivos específicos:

- Desenvolver procedimentos metodológicos que permitam a integração entre a abordagem do metabolismo social e o método LUME.

¹ Os EROIs são indicadores de eficiência energética que sigla em inglês significa "energy return on investment" ou taxa de retorno do investimento energético.

- Elaborar uma planilha em Excel voltada ao registro e processamento de dados relacionados a fluxos biofísicos em Agroecossistemas.
- Levantamento e organização de informações relacionadas a índices e fatores de conversão necessários para a estimativa da PPL em agroecossistemas adequados a região semiárida do Brasil.
- Identificar as principais lacunas e limitações da proposta de integração testada.
- Propor orientações para a realização de estudos complementares.

IV. Materiais e métodos

O estudo foi realizado em um agroecossistema de gestão familiar localizado na comunidade de Palma, município de Solânea, no estado da Paraíba, Brasil. O agroecossistema está situado na bacia do rio Curimataú, mais precisamente na microbacia de um afluente, o rio Bonsucesso. O rio empresta seu nome para a microrregião geográfica do Curimataú que apresenta características de clima semiárido com precipitações anuais médias variando entre 300 e 700 mm e vegetação de mata seca denominada caatinga. No ciclo produtivo do ano de 2020 foi registrada uma precipitação de 332 mm de chuva.

A comunidade e o núcleo familiar estudado estão fortemente integrados em redes sociotécnicas de inovação agroecológica, assessoradas pela AS-PTA Agricultura familiar e Agroecologia² e estão organicamente integrados ao Polo Sindical e de Organizações da Agricultura Familiar da Borborema³.

Seguindo os procedimentos metodológicos preconizados pelo LUME, o levantamento e registro ordenado de informações a campo, junto ao núcleo familiar de gestão do agroecossistema (NSGA), foi realizado por meio de uma sequência de entrevistas semiestruturadas, utilizando como suporte um guia de entrevistas combinado com um conjunto de instrumentos metodológicos voltados para facilitar o diálogo com o NSGA e para permitir um bom ordenamento das informações e dados levantados. A cada visita, as informações colhidas foram sistematizadas e os dados quantitativos foram lançados na [Plataforma LUME](#), uma interface na web desenvolvida para o registro e o processamento e o armazenamento dos dados dos agroecossistemas.

Nas sucessivas visitas foram mobilizadas informações sobre a composição do Núcleo Familiar de Gestão do Agroecossistema - NSGA (nome, idade, sexo, parentesco etc.) preenchidos numa ficha de campo; a trajetória do agroecossistema, visando compreender sua evolução ao longo do tempo e as mudanças e inovações ocorridas, buscando elucidar as estratégias adotadas pelo NSGA por meio da linha do tempo; as formas de acesso à terra e a extensão territorial do espaço ambiental sob gestão da família no ano.

A partir de uma caminhada (*travessia*) nos distintos espaços físicos e com o auxílio de um croqui, elaborado junto com a NSGA, foi possível ter uma primeira representação visual das diferentes estruturas e espaços físicos do agroecossistema. Além da distribuição espacial das atividades produtivas, foram também identificados e

² AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia é uma organização não governamental que desde 1998 atua para o fortalecimento da agricultura familiar de base agroecológica.

³ Polo da Borborema é um fórum composto por 13 sindicatos, 150 organizações comunitárias, uma associação regional de agricultoras e agricultores agroecológicos (EcoBorborema) e uma Cooperativa (CoopBorborema), que atuam em rede no Território da Borborema composto por 14 municípios localizados no interior estado da Paraíba.

quantificados os fluxos de insumos e produtos (dentro e fora do agroecossistema) por meio de setas que ligam a sua origem e o seu destino. Foram também identificados os subsistemas de produção (vegetal e animal), sua composição e manejo, as infraestruturas e equipamentos (capital fundiário). As informações foram lançadas em uma planilha para registro de dados econômicos (horas trabalhadas, quantidades produzidas, destinos das produções, rendas geradas, custos produtivos com insumos e pagamento de serviços, produção própria de insumos, insumos recebidos por reciprocidade, serviços recebidos por reciprocidade). Além das economias geradas pelo processo de trabalho no agroecossistema, também foram levantadas as horas trabalhadas e rendas auferidas por atividades não agrícolas (pluriatividade), bem como as rendas obtidas a partir de políticas sociais. Finalmente, foram levantadas as horas dedicadas ao trabalho doméstico e de cuidados e nas esferas de participação social.

O conjunto de dados produzidos e ordenados foram lançados na Plataforma LUME para o processamento das informações e produção do conjunto de indicadores econômicos e ecológicos, assim como proceder às análises qualitativas do referido método.

Para o presente estudo nos deteremos ao conjunto de informações mobilizadas e empregadas pelo método LUME dirigidas às análises quantitativas dos fluxos econômico-ecológicos, sendo essa de maior utilidade para o exercício de integração com o Metabolismo Social Agrário.

As referências metodológicas para as quantificações de biomassa necessárias para as análises do Metabolismo Social Agrário seguiram as orientações do documento de trabalho de Guzmán et.al (2014) *DT-SEHA n. 1406. - Methodology And Conversion Factors To Estimate The Net Primary Productivity Of Historical And Contemporary Agroecosystems*.

A. Procedimentos de coleta de informações e cálculos suplementares para o MA

Durante a coleta e ordenamento dos dados foram identificadas informações necessárias para os cálculos do MA que, na rotina de entrevista empregada no LUME, não são coletadas ou geralmente são colhidas com menor precisão. Para suprir essas informações foram integradas novas perguntas no roteiro de entrevista semiestruturada e novos procedimentos. Assim, um conjunto de procedimentos adicionais foram adotados para que, com base na coleta de dados primários proporcionados pelo Método LUME, fosse possível proceder contabilização e análise do Metabolismo Social Agrário do Agroecossistema:

- a) **Estratificação da área em parcelas em função das distintas formas de ocupação e uso** – No emprego do método LUME, o ordenamento das informações dos fluxos econômico-ecológicos é organizado por subsistemas, definidos como unidades básicas de gestão do processo de trabalho pelo NSGA e dirigidos a apropriação e conversão dos bens ecológicos em bens econômicos no agroecossistema (PETERSEN *et al* 2017). Os subsistemas não são necessariamente coincidentes com espaços físicos definidos. Em um mesmo subsistema, pode integrar a produção primária (vegetal) e secundária (pecuária), portanto, estes diferem no método de ordenamento dos dados empregados pelo Metabolismo Social Agrário. No MA o ordenamento dos dados para a análise dos fluxos de matéria energia e informação se referênciam nas unidades físicas de apropriação e uso dos bens ecológicos para efetuar a contabilização da Produção Primária Líquida (PPL) do agroecossistema, exigindo uma divisão do espaço físico em parcelas estratificadas pelas distintas formas de ocupação e uso.
- b) **Dimensionamento das parcelas** - Uma vez identificados e estratificados os espaços físicos em função das distintas formas de ocupação e uso, os cálculos MA demandam um dimensionamento mais preciso da área ocupada por cada parcela. Assim, além do

mapa/croqui do AE feito a mão junto com a família empregado no método LUME, é necessário compor um mapa com dimensões mais precisas. Utilizando os recursos do Google Earth foi possível traçar polígonos para demarcar o conjunto do AE e sua área, calculada em hectares (ha), assim como foi possível dividir as parcelas produtivas em sub polígonos.

- c) **Plantas herbáceas cultivadas** - A estimativa de produção de massa seca dos cultivos anuais foi efetuada por meio da coleta de dados de produção de grãos, vagens verdes, espigas, frutos e fibras. Com os dados colhidos pelo método LUME foi possível estimar, utilizando índices e fatores de conversão, a produção da biomassa seca aérea e radicular da maior parte das espécies cultivadas. Um método complementar foi adotado para estimar a produção da parcela do campo de milho que, em virtude da seca, não concluiu seu ciclo e não produziu grãos, e uma sub parcela de consórcio de sorgo e milho com desempenho similar. Para essas foi atribuída uma produtividade estimada da parte aérea respectivamente de 1.500 kg e 1.800 kg de biomassa seca de parte aérea por hectare.
- d) **Quantificação da silagem armazenada** - parte expressiva da biomassa proveniente da parte aérea dos cultivos de milho e sorgo foram ensiladas para uso no período seco no ano. Os volumes dos silos foram calculados a partir da aferição de suas dimensões e multiplicado pela densidade estimada em 550kg/m³ (SENAR, 2011).
- e) **Pastagem nativa no bioma caatinga** - A coleta de informações a campo feita a partir do método LUME identifica as áreas de pastagem, mas não pressupõe a coleta de informações mais detalhadas sobre dimensões, composição do pasto (composição do estrato herbáceo) e a repartição proporcional do consumo entre os rebanhos bovino, ovino e caprino. Na entrevista semiestruturada uma coleta mais precisa das dimensões das áreas de pastagem, sua composição florística e o consumo proporcional de cada rebanho, foi necessário para o dimensionamento dos processos metabólicos associados às áreas de pastagem.

Vale salientar que para o estudo em questão foi possível lançar mão de estudos em agroecossistemas presentes na mesma comunidade e que foram dirigidos a quantificar a biomassa consumida pelos rebanhos em pastos nativos, calculados em kg de biomassa seca por hectare. Segundo Oliveira (2003), o consumo médio de biomassa seca nos pastos foi de 1.557 kg/ha entre os anos 2001 e 2002. Dada a elevada pressão de pastejo exercida pelo rebanho nas áreas de pasto da região estima-se que a biomassa consumida representa 90% da biomassa aérea produzida.

- f) **Estimativa da produtividade da vegetação de Caatinga** - Para estimar a produção de biomassa da Caatinga tomou-se como referência um perfil de desenvolvimento da vegetação típico de caatinga aberta. Segundo estudos de Costa *et al* (2014), em uma vegetação de caatinga aberta com 18 anos de regeneração, a biomassa seca acumulada foi de 22.220kg por hectare. A produção anual de folheto e serapilheira segundo Sampaio *et al* (2008) equivale a 10% da biomassa total representando 2.222kg/ha/ano. A produção anual de biomassa lenhosa foi calculada deduzindo a produção de folhedos do total acumulado (19.998 kg/ha) e dividido pelos 18 anos perfazendo uma produção de 1.111 kg/ano. Segundo estudos de Menezes *et al.* (2021) uma caatinga aberta possui cerca de 13% de madeira morta representando uma produção anual de 160 kg de madeira morta/ano. Assim a produtividade de biomassa seca (lenhosa + folheto + madeira morta) foi estimada em 3.493 kg/ha. O estrato herbáceo presente na área de caatinga aberta foi estimado a partir de estudos de Menezes *et al.* (2021) representando 723kg/ha. Para estimar a biomassa radicular acumulada na vegetação de caatinga aberta adotou-se a razão raiz: parte aérea de 0,27 definida por Costa *et al* (2014) perfazendo um total de 5.940 kg de massa seca acumulada e 330 kg/ha/ano.

- g) **Estimativas de produção de estacas e lenha** - Para quantificar a biomassa seca relativa à produção de lenha do agroecossistema foi necessário aplicar um fator de conversão para que a coleta original de informações com o NSGA feita em metro estéreo fosse convertida para a unidade de medida em metros cúbicos lenha ($1 m^3 = 3,4 st$). Por fim para concluir a estimativa de biomassa seca, seu volume foi multiplicado pela densidade aparente (0,87), adotando a referência do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e multiplicado pelo teor de matéria seca do mesmo (Drumond, 2001).
- h) Para estimar a **biomassa seca das estacas**, além do número de unidades coletadas, foi necessário identificar a espécie e estimar comprimento e raio médios, sendo estimados em 2,5 cm 3,5 respectivamente. De posse desses dados foram calculados volume ($V_{cilindro} = \pi \times r^2 \times h$). Por fim, para concluir a estimativa de biomassa seca, seu volume foi multiplicado pela densidade aparente (0,87), adotando a referência do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e multiplicado pelo teor de matéria seca do mesmo (Drumond, 2001).
- i) **Estimativa da produção de palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*)** – Para os estudos do Metabolismo Social Agrário é necessário uma quantificação mais precisa da palma colhida, assim como a repartição de seu destino: como biomassa reutilizada destinada aos ruminantes (bovino, caprinos e ovinos) e, quando vendida ou doada, biomassa vegetal socializada. No caso do agroecossistema em estudo a estimativa foi feita determinando o peso das folhas (cladódios) de palma transportada com um carrinho de mão (90kg) e, a partir dessa informação realizou-se o cálculo o número de carrinhos com palma retirados por dia, mês e ano. Também foi estimado na entrevista com o NSGA o volume proporcional ofertado e consumido por cada rebanho (bovinos, ovinos e caprinos).
- j) **Composição da criação animal** - Para a realização dos cálculos para análise do Metabolismo Social Agrário, foi necessário uma coleta mais precisa do número de cabeças, composição e peso dos diferentes rebanhos. Para cada um dos rebanhos (galinhas, guiné, peru, suínos, caprinos, ovinos e bovinos) por meio de perguntas adicionais na entrevista semiestruturada, buscou-se estimar o peso dos animais por idade e sexo. Para essa estimativa adotou a referência o peso vivo dos animais já no final do ciclo anual analisado (período da entrevista).
- k) **Balanco forrageiro dos rebanhos** - Para proceder ao **balanco forrageiro** dos rebanhos para compor análise do MA o exercício empregado foi orientado, de um lado, para estimar a demanda alimentar dos rebanhos (bovinos, ovinos, caprinos e aves) e, de outro, estimar a produção e oferta de biomassa forrageira provenientes das diferentes parcelas do agroecossistema, assim como da compra de alimentos para os rebanhos. A partir do quadro montado, confrontou-se demanda e oferta e foi possível avaliar e ajustar a congruência entre essas duas informações.
- l) O **consumo anual de biomassa seca efetuada pelos ruminantes** foi estimado adotando como referência um consumo diário de massa seca equivalente a 2% do peso vivo do rebanho (ARAÚJO FILHO, 2013). Em função das práticas de manejo alimentar adotado pelo NSGA estimou-se a proporção consumida de forragem entre os rebanhos (ovino, caprino, bovino) dentro de cada uma das parcelas exploradas com o pastoreio, assim como estimou-se as proporções consumidas da forragem fornecida no estábulo (silagem, palhas, torta de algodão e farelo de trigo).
- m) O consumo da **biomassa forrageira na vegetação de caatinga** pelos rebanhos foi estimado a partir dos estudos de Araújo Filho (2013) adotando como referência o consumo de caatinga rebaixada. Segundo seus estudos, a disponibilidade de forragem na caatinga rebaixada

corresponde a 40% da fitomassa disponível produzida. Para este estudo, o valor foi ajustado para 35% em virtude das fragilidades na realização de práticas de rebaixamento orientadas para a produção de forragem na parcela de caatinga. Assim, para os 3.493 kg/ha de fitomassa disponível, estimou-se que 1.223 kg/ha foi consumida pelos rebanhos.

- n) **O balanço forrageiro dos onívoros** (aves e suínos) foi efetuado por meio do cruzamento entre a demanda de consumo de ração, calculado com auxílio das tabelas de consumo de ração (biomassa seca) por idade, peso e sexo para suínos, perus e galinhas, e a oferta de alimentos em biomassa seca para os plantéis fornecidas pelo NSGA e por meio do pastoreio. Para o cálculo do consumo das guínés (*Numida meleagris*) adotou-se um consumo de 60% dos valores atribuídos às galinhas.
- o) **Produção de esterco** - Para o levantamento da **produção de esterco** pelos ruminantes adotou-se a referência de Garrido *et al* (2008) que estima a produção de esterco em 1.560 kg/ano/Unidade animal considerando uma unidade animal (UA) igual a 450kg. Menezes *et al* (2002) estima que, nas condições de manejo alimentar local, 50% do esterco excretado pelos rebanhos retornam para as áreas no período de pastoreio dos animais e o restante acumula no curral. Em virtude da variação nas práticas de manejo alimentar do agroecossistema estudado - em especial em relação ao tempo de estabulação e fornecimento de suplementação no cocho - adotou-se uma proporção de deposição dos excrementos entre pasto e o curral de 65% por 35% para ovinos e caprinos e 50% por 50% para bovinos. Para quantificar o esterco do curral redistribuído nos campos de cultivo, foram estimados o volume comportado e o número pelo de carrinhos de mão e das carroças depositadas nos espaços de cultivo sendo 0,0625 m³ e 1,452 m³ respectivamente. Para o cálculo do peso foi considerada uma densidade esterco em 650kg/m³ e teor de matéria seca de 0,347 (KIEHL, 1985).
- p) Destaca-se que a complementação eficiente das informações só foi possível após a sistematização dos primeiros dados levantados com o uso dos procedimentos e instrumentos correntes já adotados pelo método LUME. Foi diante da organização das informações e das lacunas apresentadas que foram organizadas três novas visitas ao NSGA.

B. - Levantamento complementar de índices e fatores de conversão para a estimativa da PPL em agroecossistemas da região semiárida do Brasil.

O trabalho de Guzmán *et al* (2014) *DT-SEHA n. 1406. - Methodology And Conversion Factors To Estimate The Net Primary Productivity Of Historical And Contemporary Agroecosystems* - define o conjunto de procedimentos necessários para o cálculo da PPL e contempla um amplo estudo e sistematização conformados em tabelas com fatores de conversão que são empregados no referido cálculo. Em que pese a amplitude e qualidade dos fatores de conversão já pesquisados foi realizado um esforço para ampliar esse elenco, com fatores de conversão suplementares, com o objetivo de integrar índices mais ajustados para a vegetação nativa e às espécies cultivadas em meio à características edafoclimáticas do Brasil e, em especial ao semiárido brasileiro.

No trabalho de pesquisa bibliográfica realizado, uma contribuição importante para incrementar a tabela com fatores de conversão mais ajustados às condições do Brasil vieram dos trabalhos de Matias *et al* (2021) e Fávero & Monteiro (2021) que vêm se debruçando trabalhando no Brasil com esse objetivo. Um complemento desse esforço foi mobilizado a partir de consultas a pesquisas anteriores realizadas em cooperação entre AS-PTA, UFPE, UFPB e CIRAD no território da Borborema assim como a pesquisa de fontes complementares. E ainda, um conjunto de fatores de conversão específicos para bioma caatinga foram mobilizados com o auxílio de equipe de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE. Para alguns cultivos específicos do Brasil que não se

encontraram fatores de conversão, buscou-se adotar um FC de cultivos ou produtos similares.

Abaixo apresentamos os índices e fatores de conversão suplementares que, comendo com as tabelas já produzidas pelo trabalho de Guzmán *et al* (2014), foram utilizados no presente estudo para processamento das informações primárias coletadas a campo no agroecossistema.

O primeiro grupo por ser observado nas tabelas 1 e 2 abaixo, referente aos *índices de colheita e resíduos* de algumas espécies cultivadas. Destaque para os dados associados a uma variedade tradicional de milho em que as proporções entre produção e palha são bastante distintas das variedades comerciais. Também vale assinalar a inclusão de indicadores para o feijão macassa (*vigna unguiculata*). A tabela 1 possui índices que integram a mesma tabela elaborada por Guzmán *et al* (2014) com índices calculados com base na matéria fresca. Já a tabela 2 foi gerada em separado, pois contém índices de colheita e resíduos com base em matéria seca.

Tabela 1 - Índices de colheita e resíduos em kg de matéria fresca

Cultivos	Nome científico	Kg produto/ha	Índice de colheita	Índice de resíduos		Referências
			kg produto/kg biomassa aérea (matéria fresca)	kg resíduos/kg biomassa aérea	kg resíduo/kg produto	
Abóbora	<i>Cucurbita moschata</i>	10.647	0,75	0,25	0,25	Matias (2017)
Feijão macassa (irrigado)	<i>vigna unguiculata</i>	7.825			1,47	Matias (2017)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	44.120,78	0,4		0,96	Matias (2017)

Tabela 2 - Índices de colheita e resíduos em kg de matéria seca

Cultivos	Nome científico	Kg produto/ha	Índice de colheita	Índice de resíduos		Referências
			kg produto/kg biomassa aérea (matéria seca)	kg de resíduo/kg biomassa aérea (matéria seca)	kg resíduo/kg produto (matéria seca)	
Milho Jabatão	<i>Zea mays</i>	1.552	0,30	0,70	3,00	Dias (2014)
Milho verde (espiga)	<i>Zea mays</i>				1,88	Dias (2014)
Feijão de arranque	<i>Phaseolus vulgaris</i>	2.234	0,4202	0,58	1,38	Fávero e Monteiro (2021)

Escapa à maioria dos estudos a contribuição da biomassa subterrânea presente no sistema radicular. Um esforço para ampliar as referências foi empreendido e os fatores de conversão identificados para cálculo da razão raiz:parte aérea dos cultivos foi integrado de forma suplementar e os conversores foram utilizados no processamento dos dados (ver Tabela 3).

Tabela 3 - Proporção de raízes – razão Raiz:Parte Aérea.

Cultivo	Nome científico	Biomassa acima do solo (kg de matéria seca / ha) Média	Biomassa subterrânea (kg de matéria seca / ha) Média	Proporção de raízes Razão Raiz:Raiz/Parte aérea	Referências
Milho	<i>Zea mays</i>	6.500	1950	0,3	Peinetti et al. (2008)
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>			0,2	Fávero e Monteiro (2021)
Abóbora	<i>Cucurbita moschata</i>	4587,1	729,349	0,159	Matias (2017)
Cebolinha	<i>Allium schoenoprasum</i>	96	120	0,8	Matias (2017)
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	3913,8	702	0,179	Matias (2017)
Couve	<i>Brassica oleracea</i>	292,505	107,057	0,366	Matias (2017)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	4926	600	0,122	Matias (2017)
Pasto nativo		1.557			Oliveira (2003)
Palma Forrageira	<i>Opuntia ficus-indica</i>	6.000	1.200	0,2	Menezes (2005)
Braquiária	<i>brachiária</i>	13.666	8.400	0,61	Fávero e Monteiro (2021)

O MA também contabiliza as plantas herbáceas espontâneas que se desenvolvem nas áreas de cultivo. Informações complementares sobre a biomassa produzida pelas espécies herbáceas espontâneas junto aos sistemas de cultivo também foram identificadas na pesquisa e foram utilizadas para estimar sua produtividade nas áreas de cultivo (ver Tabela 4).

Tabela 4 - Produtividade das herbáceas espontâneas nas áreas de cultivo em kg de matéria seca /ha

CULTIVO	Método de produção	Ervas espontâneas (kg matéria seca/ha)	Referências
Milho, feijão e batata	Consórcio	1.222	Silva et al. (2007); Perez et al. (2007); Santos et al (2010)

Um outro grupo de indicadores do cálculo do MA são os dirigidos à conversão da biomassa em matéria seca. Os *índices de matéria seca de produtos e resíduos* complementares foram identificados e utilizados, sendo dez indicadores para espécies cultivadas, quatro para produtos processados e um para o esterco curtido (ver Tabela 5).

Tabela 5 - Índices de matéria seca de produtos e resíduos kg de matéria seca/ kg de matéria seca

Cultivos	Nome científico	Produto	Resíduos (palha, poda etc.)	Referências
		Kg matéria seca/kg matéria fresca	kg matéria seca/kg matéria fresca	
Milho verde (espiga)	<i>Zea mays</i>	0,5238		Cruz et al (acesso em 2021)
Feijão de arranque	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0,86		Tabela TACO (2011)
Feijão macassa	<i>Vigna Unguiculata</i>	0,873	0,8634	Matias (2017)
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i>	0,049		Tabela TACO (2011)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	0,309	0,16	Matias (2017)

Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	0,0994		Tabela TACO (2011)
Umbu	<i>Spondias tuberosa</i>	0,107		Tabela TACO (2011)
Gergelim (grãos)	<i>Sesamum indicum</i>	0,961		Tabela TACO (2011)
Palma	<i>Opuntia ficus-indica</i>	0,11		Souza et al (2018)
Silagem milho	<i>Zea mays</i>	0,35		Cruz et al (acesso em 2021)
Farelo de trigo		0,8715		Silva et al (2009)
Queijo Coalho Artesanal		0,529		Tabela TACO (2011)
Soro (Coalho artesanal)		0,0635		Gomes et al (2012)
Esterco bovino curtido		0,347		Kiehl (1985)

Uma tabela específica com fatores de conversão da vegetação da caatinga foi criada. Nela encontramos agrupado a composição de fatores de conversão presentes em mais de uma das tabelas apresentadas acima e alguns específicos (ver Tabela 6).

Tabela 6 - Índices vegetação Caatinga

Cultivos	Biomassa acumulada parte Aérea	Biomassa acumulada Raiz	Estrato herbáceo	Idade	Biomassa acima do solo (kg de matéria seca / ha) Média	Folheto 5%	Biomassa subterrânea (kg de matéria seca/ha) Média	Proporção de raízes Razão Raiz=Raiz/Parte aérea	Referências
Caatinga Aberta	23.149	11.809	723					0,510	Menezes et al. (2021)
Caatinga Densa	42.191	19.255	1.298					0,456	Menezes et al. (2021)
Caatinga aberta - inicial (18 anos)	22.220	5.999		18	3.493	1.111	333	0,270	Costa et al. (2014)
Caatinga - intermediária (40 anos)	29.500	9.440		40	738	1.475	236	0,320	Costa et al. (2014)
Caatinga densa -madura (>60 anos)	60.000	40.200		60	1.000	3.000	670	0,670	Costa et al. (2014)
Floresta inicial (20)	24.000	5.622		20	1.200	1.200	281	0,234	Althoff et al. (2018)
Floresta Madura (50)	48.880	31.722		50	978	2.444	634	0,649	Althoff et al. (2018)

Por último temos a tabela com os fatores de conversão de *quilogramas de biomassa para energia bruta*. Como pode ser observado na tabela abaixo foram identificados e utilizados 14 novos fatores de conversão. Para o cálculo de energia bruta de alguns produtos e seguindo as orientações do trabalho de Guzmán *et al* (2014), utilizou-se valores médios de proteínas, lipídios e carboidratos e recorreu-se a Tabela Brasileira de Alimentos (TACO, 2011). Utilizou-se os números de 23,5 KJ/g para proteínas, 39,5KJ/g para lipídios e 17,5KJ/g para carboidratos proposto por Flores Mengual & Rodrigues Ventura (2013) apud Guzmán *et al* (2014). (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Fatores de conversão de biomassa para energia bruta em MJ

Cultivos	Nome científico	Energia bruta (matéria Seca MJ/kg)	Energia bruta (MJ/kg matéria fresca)	Referências
----------	-----------------	------------------------------------	--------------------------------------	-------------

Milho	<i>Zea mays</i>	16,85		De Melo et al (2007)
Milho sementes	<i>Zea mays</i>	16,85		De Melo et al (2007)
Milho verde	<i>Zea mays</i>		6,79	Tabela TACO (2011)
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	34,8		Carmo et al (2016)
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i>		0,84	Tabela TACO (2011)
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>		1,68	Tabela TACO (2011)
Umbu	<i>Spondias tuberosa arruda</i>		1,83	Tabela TACO (2011)
Gergelim sementes	<i>Sesamum indicum</i>		28,67	Tabela TACO (2011)
Palma Forrageira	<i>Opuntia ficus-indica</i>	13,5		Santos et al (2016)
Palha				
Milho (palha)	<i>Zea mays</i>	18,58		Alves (2014)
Feijão (palha)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	17,3		Dionizio et al (2014)
Lácteos				
Queijo minas meia cura			15,33	Tabela TACO (2011)
Produtos transformados				
Farelo de trigo		16,24		Silva et al (2009)
Madeira				
Jurema-preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	20,18		Santos et al 2013)

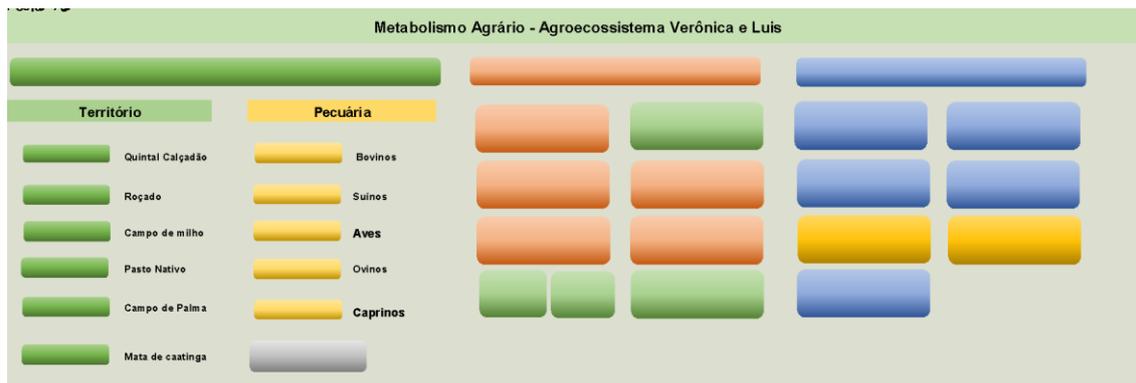
Como resultado desse levantamento, o conjunto dos fatores de conversão suplementares identificados na pesquisa na literatura foram incorporados nas tabelas produzidas por Guzmán *et al* (2014) com o objetivo de unificar o conjunto de dados num grupo definido de tabelas.

C. - Planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas

Para quantificação e análise dos fluxos econômico-ecológicos no método LUME, foi desenvolvida uma planilha em Excel para a entrada e processamento dos dados coletados a campo. Esse instrumento, depois de experimentado sucessivamente em vários estudos de agroecossistemas, foi sendo aprimorado e, ao fim, fundamentou o desenvolvimento da [Plataforma LUME](#) que se constitui no atual instrumento de processamento das informações do método. À semelhança do esforço feito no LUME a planilha em Excel elaborada está dirigida para desenvolver uma base de processamento de dados que permita evoluir para uma futura integração dos dois métodos operados por uma ferramenta comum.

A planilha em Excel elaborada foi concebida para permitir a entrada e processamentos de dados gerados pelo trabalho de campo necessários para a contabilização e análise do Metabolismo Social Agrário. Após o processamento dos dados, os resultados da PPL são expressos em matéria orgânica sintetizada em quilogramas e em termos de energia acumulada em megajoules. A planilha foi dividida em seções, cada qual com um conjunto de abas e integradas a um painel inicial com botões de acesso, sendo as duas primeiras seções Território e Pecuária são dirigidas à entrada de dados colhidos a campo no agroecossistema estudado. A terceira contempla os índices e fatores de conversão e a quarta, os resultados do processamento dos dados (ver Figura 1).

Figura 1 - Painel com botões da planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas



- A primeira seção (Território) se destina ao processamento de dados para o cálculo da produtividade primária líquida (PPL). Ela está subdividida 06 abas, cada qual comporta dados de uma das parcelas estratificadas por forma de ocupação e uso (Quintal, Roçado, Campo de milho, Campo de palma, Pasto nativo e Mata de caatinga). Cada aba da seção integra uma entrada de dados gerados pela entrevista semiestruturada (área, produtos produzidos e quantidades nas unidades originadas na entrevista). Com a entrada dos dados primários um conjunto de campos (colunas) subsequentes permitem lançar e integrar diferentes índices e fatores de conversão presentes na seção três e proceder os cálculos das diferentes partições da biomassa assim como da PPL da parcela em quilos de biomassa sintetizada e em energia bruta.

Cada aba também apresenta um diagrama ilustrando a PPL parcial da parcela e os fluxos de biomassa com sua partição entre Biomassa Socializada (BS), Biomassa Reutilizada (BR), Biomassa Não Coletada (BNC) e Biomassa Acumulada (BA) apresentado em quilogramas de biomassa seca. São diagramas com sínteses parciais com os fluxos de biomassa da parcela, suas destinações, sua interação com os sistemas pecuários e com a sociedade.

- A segunda seção é dedicada à entrada e processamento de dados dos sistemas pecuários. Ela está subdividida em 05 abas com informações de cada criatório: bovinos, ovinos, caprinos, aves (peru, galinha e guiné) e suínos. Nelas, são lançadas a composição do rebanho por sexo, idade e peso. Essas informações serão processadas para o cálculo da biomassa animal socializada (carne, leite, ovos etc.) e da produção de esterco. Um quadro específico foi elaborado para proceder o balanço forrageiro, com objetivo de aferir as relações entre a demanda e o consumo de biomassa forrageira pelos diferentes rebanhos.

A semelhança da seção acima, cada aba também apresenta um diagrama ilustrando fluxos de biomassa estabelecidos entre cada rebanho a contribuição proporcional de cada parcela na biomassa consumida, a recirculação do esterco excretado pelo rebanho, a Biomassa Animal Socializada e os insumos importados de fora do agroecossistema para o rebanho.

- A terceira seção é composta por um conjunto de tabelas com índices e fatores de conversão necessários à contabilização da produtividade primária líquida (PPL), baseados no documento de trabalho elaborado por Guzmán *et al* (2014). Tal como a autora descreveu, as tabelas são compostas por: Índices de colheita e de resíduos; razão raiz:parte

aérea; produtividades das plantas espontâneas presentes nas áreas de cultivo; índices de matéria seca; e índice de energia bruta.

As tabelas foram incrementadas com fatores de conversão referenciados em dados produzidos no Brasil e, em particular, no semiárido. Parte dos índices foram integrados na mesma tabela com uma marca de distinção entre Brasil e Espanha. Algumas abas com novas tabelas foram adicionadas:

- ✓ uma tabela auxiliar com fatores de conversão de diferentes unidades de medida para quilograma também foi integrada, pois o método LUME aceita a entrada de diferentes unidades (litro, molhos, sacas etc.). Essa tabela foi elaborada com base um levantamento de campo com diferentes produtos comercializados nas Feiras Agroecológicas do Polo da Borborema⁴.
- ✓ uma tabela com índices de colheita e resíduos baseados em matéria seca e pode futuramente se ajustada e integrada na tabela com fatores baseados em matéria fresca;
- ✓ uma tabela específica com fatores de conversão do bioma caatinga;
- ✓ uma última com fatores de conversão complementares (outros índices)

- A quarta seção é composta por abas com os principais resultados (Síntese, diagramas e EROIs). Neles encontramos: os quadros com a síntese dos resultados da PPL e sua composição por parcela; o total em quilos de matérias orgânica e em megajoules de energia bruta; a representação dos resultados em gráficos; a representação dos resultados em diagramas síntese dos fluxos de biomassa e energia bruta; os indicadores de eficiência energética dos agroecossistemas (EROIs⁵ taxa de retorno de investimento energético em agroecossistemas); e também um quadro com processamento intermediário de informações dos fluxos integrados a infraestruturas ecológicas mediadoras de fertilidade (silagem, esterqueira, etc.) e o balanço forrageiro do agroecossistema.

V. Desenvolvimento (resultado e discussão)

Os resultados extraídos da planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas, assim como informações pertinentes para a metodologia de quantificação serão apresentados nos itens abaixo.

1. Composição do NSGA e Estrutura do Agroecossistema

No período considerado na análise, ano de 2020, o núcleo social de gestão do agroecossistema estava composto por sete membros. O casal Verônica Macena (43) e Luís dos Santos (41), os filhos/as Letícia Macena (17), Larissa Macena (14), Lismar Macena (13) e Luis Antônio Macena (8), e a avó de Luís, Dona Maria (95). Com exceção da Dona Maria e Luís Antônio todos trabalham integralmente no agroecossistema.

O agroecossistema possui uma área total de 34,7 ha e é composto por 02 propriedades próprias e uma terceira área cedida por um vizinho para exploração no ano de 2020. As propriedades são cercadas em todo seu perímetro assim como possuem cercas internas

⁴ O Polo da Borborema assessorado pela AS-PTA possui uma rede de Feiras Agroecológicas em 10 municípios.

⁵ Os EROIs são indicadores de eficiência energética que sigla em inglês significa "energy return on investment" ou taxa de retorno do investimento energético.

destinadas a ordenar a contenção e condução dos rebanhos nos diferentes espaços produtivos.

A primeira propriedade compreende uma área de 21,7ha e é também o espaço de moradia do NSGA. Nela estão localizadas as duas residências, sendo a segunda, menor, o local de moradia da Dona Maria. Nas proximidades da residência também estão localizadas 02 cisternas de captação da água das chuvas para consumo da família, o estábulo para os bovinos integrado a um pequeno galpão destinado ao armazenamento de equipamentos, sementes e forragem e por fim, um curral para os ovinos e caprinos. Na figura 2 abaixo pode-se visualizar a organização espacial e as formas de ocupação do AE.

Figura 2 - Propriedade I - Sítio Palma



Fonte: Google Earth

Esse espaço pode ser agrupado por 5 categorias ou formas de ocupação e uso produtivo: a porção ocupada com cultivos anuais (Roçado) que soma 5,69ha e está subdividida de 4 subáreas cultivadas com diferentes combinações de consórcio, composto por milho (*Zea mays*), feijão macassar (*Vigna unguiculata*), feijão de arranque (*Phaseolus vulgaris*), fava (*Vicia faba*), gergelim (*Sesamum indicum*), abóbora (*Cucurbita pepo L*), maxixe (*Cucumis anguria*), algodão (*Gossypium hirsutum*) e quiabo (*Abelmoschus esculentus*); o Quintal-Calçadão compreende uma pequena área no entorno da casa e outra ao lado da cisterna calçadão (infraestrutura hídrica) com 0,1ha cultivada com frutas (acerola) e hortaliças (coentro, couve, tomate, pimentão); os campos de cultivo de palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*), composto por duas áreas somando 1,19ha, local onde também estão situados o aviário e uma pequena pocilga; a porção ocupada com pastos nativos de vegetação herbácea compostas de dois espaços divididos por cercas e compreendendo uma área de 5,69ha; e por fim uma área coberta por uma estrato arbustivo-arbóreo de vegetação típica de caatinga perfazendo uma área de 11,89 ha (ver Tabela 8).

Tabela 8 - Composição das áreas por forma de ocupação da propriedade I Sítio Palma

Propriedade Sítio Palma	Área (ha)	
Mata Caatinga	11,89	11,89
Pasto 1	1,94	5,69

Pasto 2 - área A	1,74	
Pasto 2 - área B	1,39	
Pasto 2 - área C	0,62	
Campo de Palma 1	0,19	1,19
Campo de Palma 2	1	
Roçado 1	0,35	2,52
Roçado 2	1,36	
Roçado 3	0,71	
Roçado 4	0,1	
Casas Curral	0,31	
Quintal	0,1	0,1
Subtotal	21,7	21,7

Como pode ser visualizado na Figura 3, a segunda propriedade está localizada na comunidade de Goiana, distando 1,5km da primeira, e possui 11 ha. Nela está situada uma antiga residência utilizada como depósito e área de apoio para o NSGA quando está trabalhando nessa área.



Fonte: Google Earth

Esse espaço pode ser agrupado por duas categorias segundo suas formas de ocupação e uso produtivo: a primeira composta pela porção ocupada com cultivos anuais (Roçado) que somam 6,45 ha e está subdividida de 5 subáreas cultivadas, sendo as áreas 5.1, 5.2 e 5.3 com milho (*Zea mays*) solteiro, a área 5.4 em consórcio com milho e sorgo (*Sorghum bicolor*) e a área 6 com feijão macassar (*Vigna unguiculata*) e feijão de arranque (*Phaseolus vulgaris*); a segunda categoria de uso é ocupada por uma pasto nativo composto por um estrato herbáceo e arbustivo ralo e compreende uma área de 4,5ha (ver tabela 9).

Tabela 9 - Composição das áreas por forma de ocupação da propriedade II Comunidade Goiana

Propriedade Goiana	Área (ha)	
Roçado 5.1	1,56	6,45
Roçado 5.2	2,58	

Roçado 5.3	1,24	
Roçado 5.4	0,67	
Roçado 6	0,4	
Pasto nativo	4,55	4,55
Total subárea	11	11

Por fim, no ano de 2020, o NSGA explorou uma área de 2 hectares cedida por um vizinho. Essa área foi destinada ao cultivo de milho para forragem. Em razão de seu plantio tardio e pela baixa precipitação do ano, o milho não completou seu ciclo produtivo, no entanto a biomassa produzida foi utilizada como forragem para os ruminantes.

2. Resultados sintéticos produzidos pelo Método LUME

2.1 Funcionamento do Agroecossistema, identificação, qualificação e quantificação dos fluxos econômico-ecológicos.

Durante o estudo, foram identificados 08 subsistemas de produção, entendidos como unidades básicas de gestão econômico-ecológica do agroecossistema. São eles: Quintal, Roçado, Mata Nativa, Bovinos, Ovinos, Caprinos, Aves, Suínos e o de processamento de produtos (beneficiamento). Nas Figuras 4 e 5, pode-se observar dois diagramas de fluxos elaborados para representação do funcionamento econômico-ecológico do agroecossistema (modelização). Dentro das linhas que delimita o agroecossistema temos, ao centro o NSGA e no seu entorno os subsistemas e as infraestruturas ecológicas mediadoras de fertilidade. Fora do agroecossistema temos a representação das três esferas de troca (Mercados, Comunidade e Estado). No primeiro diagrama, estão representados os fluxos econômicos e ecológicos dos produtos. No segundo diagrama, representam-se os fluxos econômicos e ecológicos dos insumos. E nas Tabelas 10 e 11 apresentam-se as listas com os insumos consumidos e produtos gerados no período analisado.

Numa primeira visualização do diagrama pode-se perceber que o número elevado de subsistemas e de produtos gerados evidenciam a elevada biodiversidade manejada pelo NSGA. O manejo da biodiversidade constitui um elemento essencial para as estratégias técnicas de reprodução econômico-ecológica do agroecossistema. Segundo Petersen *et al* 2017, além de produzir biomassa a partir da mobilização de recursos abióticos em diferentes nichos ecológicos do ecossistema, a biodiversidade (planejada ou associada) atua na regulação de processos ecológicos na escala da paisagem agrícola.

No diagrama de insumos ilustrado na Figura 4 pode ser observada uma densa rede conectiva entre os subsistemas. Ela é resultante do processo de trabalho exercido pelo NSGA e é responsável pela contínua renovação da fertilidade. Através dos serviços ecológicos da biodiversidade, canalizam matéria e energia incorporadas na biomassa entre os diferentes subsistemas e organismos do agroecossistema. (Petersen *et al* 2017). Do ponto de vista econômico esses fluxos configuram uma economia de sinergia em que os resíduos metabólicos de um processo produtivo se convertem em recursos para suprir atividades de outros, contribuindo assim para dar sustentação aos elementos-fundo. Também vale destacar o desempenho exercido por algumas infraestruturas ecológicas artificiais construídas pelo NSGA e que cumprem um papel central na mediação dos fluxos de matéria e energia do agroecossistema (esterqueira, silagem, silo de milho grão, reserva de água) contribuindo para a reprodução ecológica do agroecossistema sem demandar a importação de recursos proveniente dos mercados.

Figura 4 - Diagrama de Fluxos de Insumos do AE analisado.

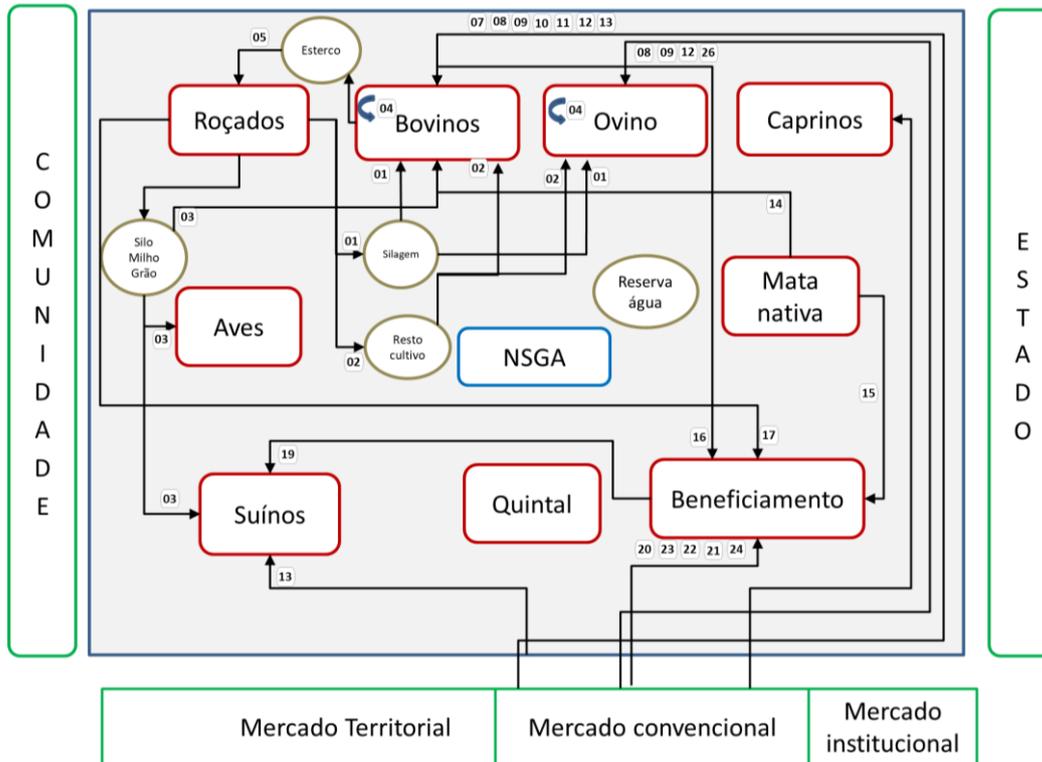


Tabela 10 – Insumos consumidos nos subsistemas do AE analisado

INSUMOS	
1	Silagem milho sorgo
2	Restos cultivo
3	Milho grão
4	Palma
5	Esterco
6	Sementes
7	Torta de algodão
8	Ferrodec
9	Ivomec
10	Sal mineral
11	Vacina Antirrabica
12	Vacina Aftosa
13	Farelo de trigo
14	Cabeça de Agave
15	Lenha
16	Leite
17	Milho verde (pamonha)
18	Bagaço pamonhada
19	Soro
20	Açúcar demerara (doce de leite)
21	Açúcar refinado (pamonha)
22	Óleo de cozinha (pamonha)
23	Embalagem (potes)
24	Coalho químico.
25	Esterco suíno (p. palma)
26	Terramicina
27	
28	
29	
30	

O diagrama de fluxo de produtos ilustrados na Figura 5 demonstra a diversidade de produtos que são destinadas ao autoabastecimento do NSGA, responsável em grande medida por garantir autonomia no abastecimento alimentar, assegurando o consumo em quantidade suficientes, com elevada qualidade biológica e atendendo uma dieta diversificada e nutricionalmente equilibrada. Também pode ser observada as relações de troca e doação de produtos estabelecidas com a comunidade, evidenciando o papel das economias de reciprocidade do NSGA com seu entorno social.

Figura 5 - Diagrama de Fluxos de Produtos do AE estudado

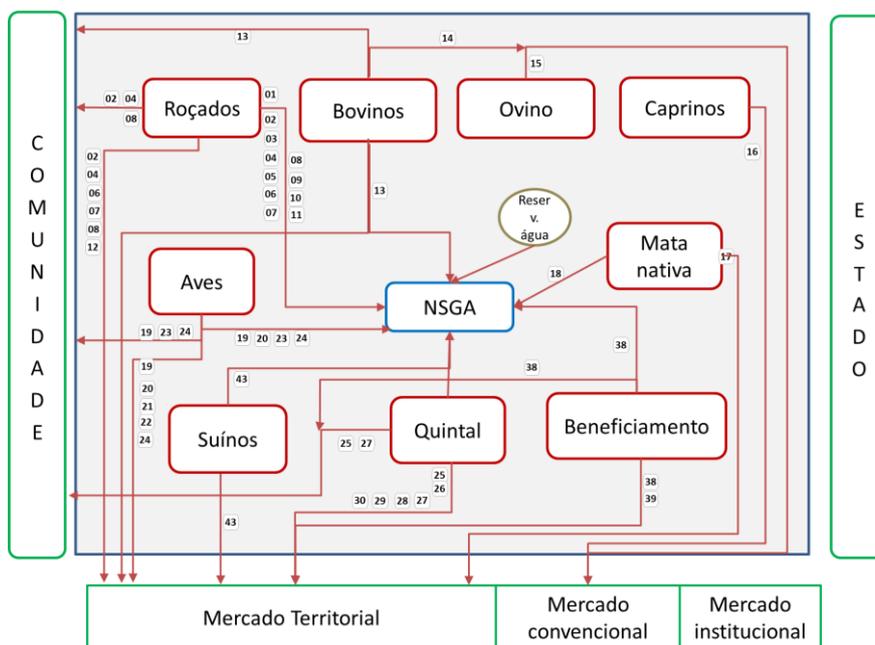


Tabela 11 – Lista de produtos do AE estudado

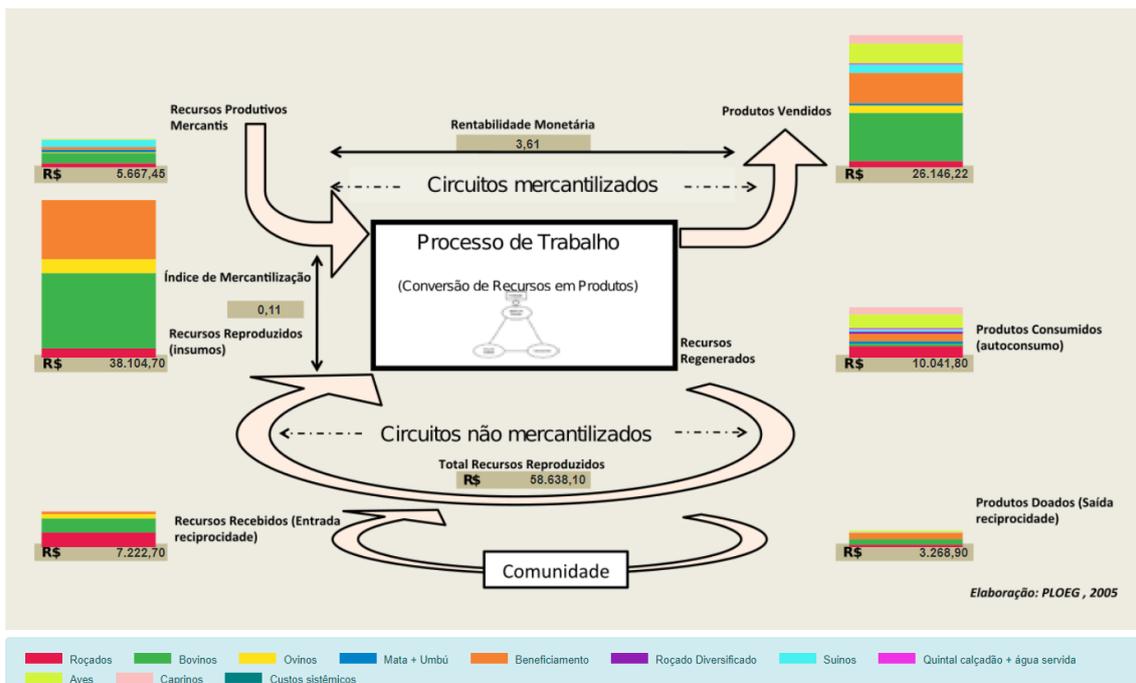
PRODUTOS		
PRODUTOS	PRODUTOS	PRODUTOS
1 Feijão macassa seco	16 Bode	31 Capim santo
2 Feijão macassa Verde	17 Umbú	32 Canela
3 Fava seca	18 Lenha	33 Erva cidreira
4 Fava verde	19 Ovos Galinha	34 Erva doce
5 Feijão de arranque	20 Galinha viva	35 Hortelã folha pequena
6 Milho verde	21 Galinha abatida	36 Hortelã folha grossa
7 Jerimum	22 Perú	37 7 dores
8 Maxixe	23 Guiné	38 Queijo
9 Gergelim	24 Ovos Guiné	39 Doce de leite
10 Quiabo	25 Acerola	40 Pamonha
11 bredo	26 Tomate cereja	41 Ração de crescimento (pintos)
12 Algodão	27 Couve	42 Água consumo doméstico
13 Leite	28 Coentro	43 Carne de porco
14 Garrote adulto	29 Cebolinha	44
15 Carneiro	30 Pimentão	45

Por fim, vale destacar a diversidade de produtos comercializados nos mercados territoriais confirmando uma elevada integração do NSGA com os circuitos curtos, socialmente

Reproduzidos (reciprocidade ecológica) e os Recursos Recebidos (recursos mobilizados por meio de relações de reciprocidade na comunidade). Do lado dos produtos (a direita), também são reproduzidos três gráficos de barras: Produtos Vendidos (produção comercializada), Produtos Consumidos (autoconsumo pelo NSGA) e Produtos Doados (saída por reciprocidade).

O diagrama revela, de um lado, a elevada rentabilidade monetária do agroecossistema. Para cada real investido foram obtidos 3,61 reais. De outro lado, além de evidenciar a porção dos recursos mercantilizáveis, coloca em destaque o papel central exercido pelos recursos não mercantilizáveis, situado no 2/3 inferior do gráfico e que assumem um papel decisivo na sustentabilidade do agroecossistema. Os recursos mobilizados no processo de trabalho por reciprocidade ecológica (insumos de produção própria) e por reciprocidade social conferem ao agroecossistema um alto nível de endogeneidade com um baixo índice de mercantilização, 0,11.

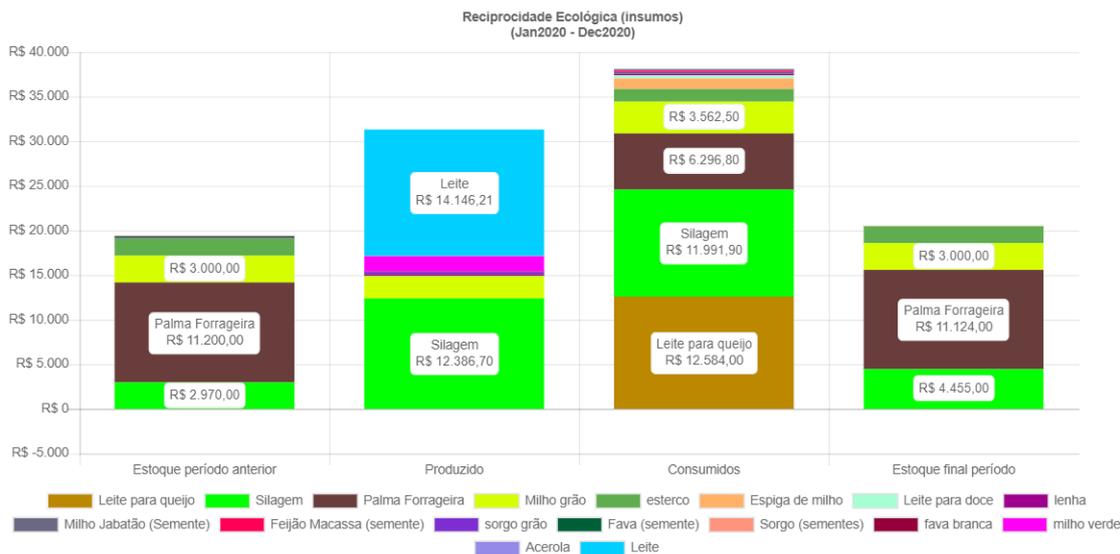
Figura 6 - Diagrama Síntese com análise agregada dos fluxos econômico-ecológicos.



Fonte: Plataforma LUME

O gráfico de reciprocidade ecológica ilustrado no Gráfico 2, coloca em evidência os bens ecológicos (insumos) mobilizados pelo processo de trabalho para a geração de produtos. Vale destacar que uma porção importante dos recursos mobilizados é reproduzida pelo trabalho desempenhado no ciclo produtivo anterior, ampliando a maior grau de autonomia em relação aos mercados de insumos e serviços.

Gráfico 2 - Reciprocidade Ecológica do Agroecossistema



Fonte: Plataforma LUME

Essa apresentação sintética de alguns resultados do agroecossistemas com o emprego do método LUME irá permitir estabelecer uma relação com os resultados que se buscará evidenciar por meio do uso do Metabolismo Social Agrário demonstrados a seguir.

3. O Metabolismos Social Agrário do Agroecossistema

3.1 - Produção e uso da biomassa por parcela e cálculo da PPM

Para finalidade do referido estudo os espaços produtivos do AE foram subdividido 6 parcelas integrando áreas com formas de ocupação e uso comuns e que comportam composição e fluxos com padrões similares. São eles: Quintal, Roçado, Campo de milho, Pasto, Campo de Palma e a Mata Caatinga (tabela 5).

Tabela 12- Parcelas por forma de ocupação e uso

Propriedade	Área (ha)
Quintal calçadão	0,01
Roçado	8,97
Campo de milho	2,00
Campo de palma	1,19
Pasto nativo	10,24
Mata Caatinga	11,89
Total subárea	34,70

Com base nos resultados extraídos da Planilha de quantificação e análise do Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas são apresentados abaixo para cada uma das parcelas identificadas as estimativas de produção primária de biomassa, sua composição e fluxos.

a) Quintal

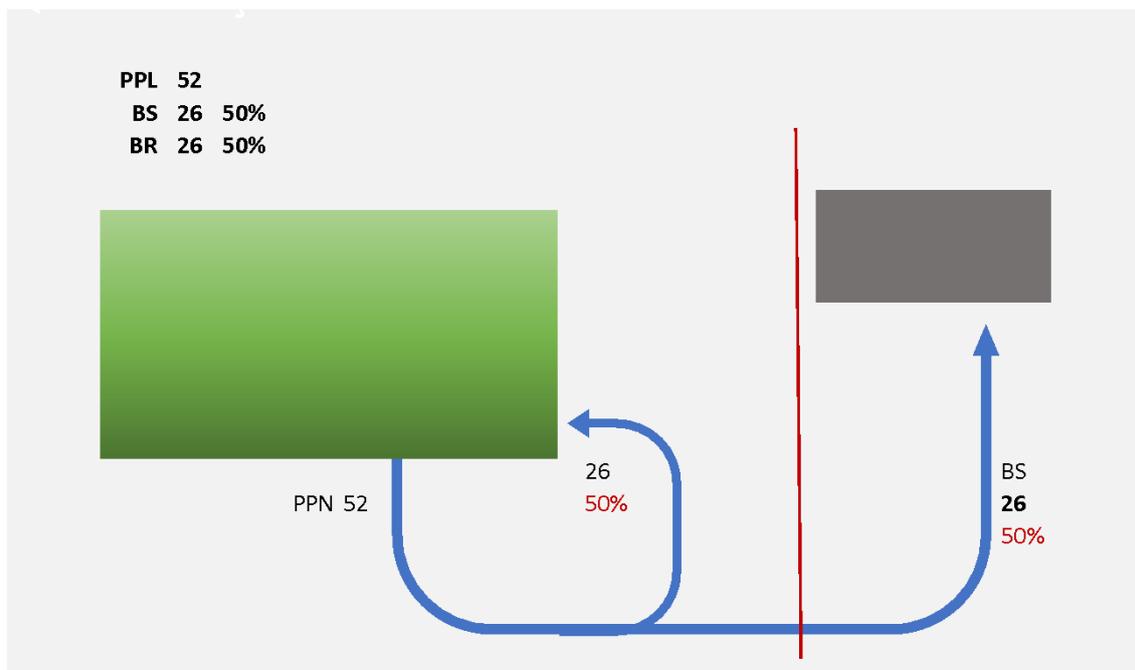
A parcela Quintal ocupa uma pequena área de 0,01ha e é composta por duas subparcelas: uma com cultivos no entorno de um reservatório de captação e armazenamento água (cisterna com calçadão de captação com capacidade de 52m³ de água) e outra na área adjacente à residência e que produz a partir do reuso de água utilizada na casa. São cultivados nessas áreas acerola (*Malpighia emarginata*), coentro (*Coriandrum sativum*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*) couve (*Brassica oleracea*), pimentão (*Capsicum annuum Group*), tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) e plantas medicinais. A maior oferta de água concentrada nessa porção do agroecossistema proporciona condições especiais adequadas para a produção de hortaliças e frutas com funções importantes na diversificação da dieta alimentar do NSGA assim como parte de seus produtos são comercializados na Feira Agroecológica (tomate cereja, couve, acerola e pimentão).

Tabela 13 – Composição e produção dos cultivos

Espécies	Parte consumida	Unidade	Quantidade
Cebolinha	folhas	molho	5
Coentro	folhas	molho	10
Couve	folhas	molho	15
Tomate Cereja	fruto	Kg	26
Pimentão	fruto	kg	8
Acerola	fruto	Kg	130

Como pode ser observado na ilustração da Figura 7, a produção primária líquida estimada foi de 52 kg de massa seca, composta por 26 kg de biomassa socializada – BS (grãos, vagens, frutos e fibras) respondendo por 50% da PPL e 26 kg de biomassa reutilizada (BR) equivalente a 50% da PPL.

Figura 7 - Fluxos de biomassa seca da parcela Quintal calçadão (kg de biomassa seca).



b) Roçados

A parcela Roçado é constituída por 07 subparcelas, composta com associações diferentes de cultivos e perfazem uma área total de 8,97 ha (Figuras 2 e 3). A Tabela 14 abaixo detalha a composição e área dos cultivos de cada subparcela totalizando 12 espécies de ciclo anual produtoras de grãos, fibra, legumes e verduras.

Tabela 14- Composição dos consórcios por subárea de roçado

Sub parcelas	Espécies	Área
Rocado 1	Milho, sorgo, amendoim	0,35
Roçado 2	Milho, gergelim, feijão mulatinho, quiabo, jerimum, maxixe	1,36
Roçado 3	Favas, feijão macassar, milho	0,71
Roçado 4	Algodão	0,10
Roçado 5.1	Milho	5,38
Roçado 5.2	Milho e Sorgo	0,67
Roçado 6	Feijão macassar, feijão phaseolus e fava	0,40
Área total		8,97

Os roçados foram cultivados num estreito período chuvoso entre os meses de março e junho. Ainda no período chuvoso, antes de concluírem seu ciclo reprodutivo, parte das espigas de milho, vagens dos feijões (fava, macassar e phaseolus), maxixe, abóbora e quiabo foram coletados e destinados em maior medida para o consumo do NSGA, doação e para venda nos mercados. Seus restos foram destinados às criações. Os grãos de fava, feijão macassar, feijão phaseolus, gergelim também foram destinados ao consumo do NSGA e a pluma de algodão destinada ao mercado. Os grãos de milho e sorgo foram

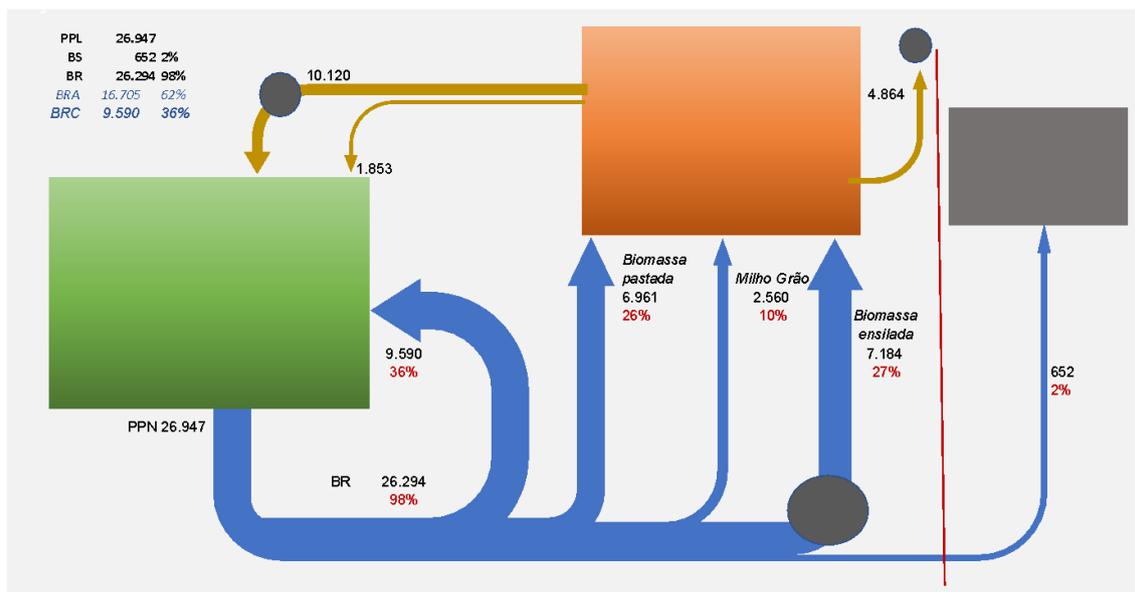
destinados aos rebanhos, sobretudo para as aves, mas também em menor medida, para ovinos e caprinos. A palha dos cultivos, com destaque para o milho e sorgo, foram cortadas e ensiladas no final do ciclo se constituindo em reserva de alimento fornecida aos ruminantes durante o período seco. Após a colheita a área é aberta para o pastoreio dos animais que consomem o estrato herbáceo das plantas espontâneas remanescentes (bredo, fato de piaba, perpétua, espinho de cigano, seca gaveta, beldroega, quebra panela) e restos de cultivo ainda presentes nessa parcela. Estimou-se que os rebanhos consumiram 50% do estrato herbáceo produzido pelas plantas espontâneas e o restante foi incorporado durante os tratamentos culturais realizados na área. A diversidade de cultivos e os volumes produzidos na parcela roçados podem ser observadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Composição e produção dos cultivos.

Cultivos	Parte consumida	Unidade	Quantidade
Feijão de arranque (Grão)	Grãos	kg	20
Feijão macassar (grão)	Grãos	kg	200
Fava (grão)	Grãos	kg	39
Milho (grão)	Grãos	kg	2.010
Milho (Espiga)	Espiga	Unid.	1.845
Fava verde (grão verde)	grão verde	kg	48
Feijão macassa verde (grão verde)	grão verde	kg	110
Sorgo	grão	kg	80
Gergelim	grão	kg	12
Jerimum	fruto	kg	16
Maxixe	fruto	kg	28
Quiabo	fruto	kg	2
Algodão (pluma)	pluma	kg	4

Como pode ser observado na ilustração da Figura 8, a produção primária líquida (PPL) estimada foi de 26.947 kg de biomassa seca, composta por 652kg de biomassa socializada (BS) (grãos, vagens, frutos e fibras) respondendo por 2% da PPL da parcela e por 26.294 kg de biomassa reutilizada (BR) respondendo pelos 98% restantes da PPL. Da biomassa reutilizada um total de 16.705 kg foi destinada à alimentação dos ruminantes e aves (BRA), sendo: 2.560 kg em grãos de milho destinados à criação de aves, ovinos e caprinos uma repartição estimada de 90%, 5% e 5% respectivamente; 16.961kg consumidos no pastoreio direto dos bovinos, ovinos e aves com repartição estimada de 84%, 11% e 5% respectivamente; e 7.184 kg na forma de silagem fornecida para bovinos, ovinos e caprinos com repartição de 58%, 21% e 21%. A biomassa remanescente, 9.590 kg (36%), foi incorporada diretamente ao solo nas práticas de manejo das plantas espontâneas e restos de cultivo.

Figura 8 - Fluxos de biomassa seca do Roçado (kg de biomassa seca).



BRA – Biomassa Reutilizada Animal
 BRC – Biomassa Reutilizada Cultivos
 C - Curral

Em 2020, o roçado subparcela nº 2 recebeu esterco para a recomposição da fertilidade do solo. Foi incorporado ao solo um total 10.120 kg de massa seca de esterco correspondendo a 94% do total do esterco acumulado no curral. A biomassa forrageira consumida pelo rebanho resultou numa produção estimada de 6.717 kg de biomassa seca de esterco, sendo 4.864 kg de esterco excretado no curral e 1.853 kg depositado nas áreas de roçado por meio do pastejo direto após a colheita dos grãos e parte expressiva de palhada dos cultivos.

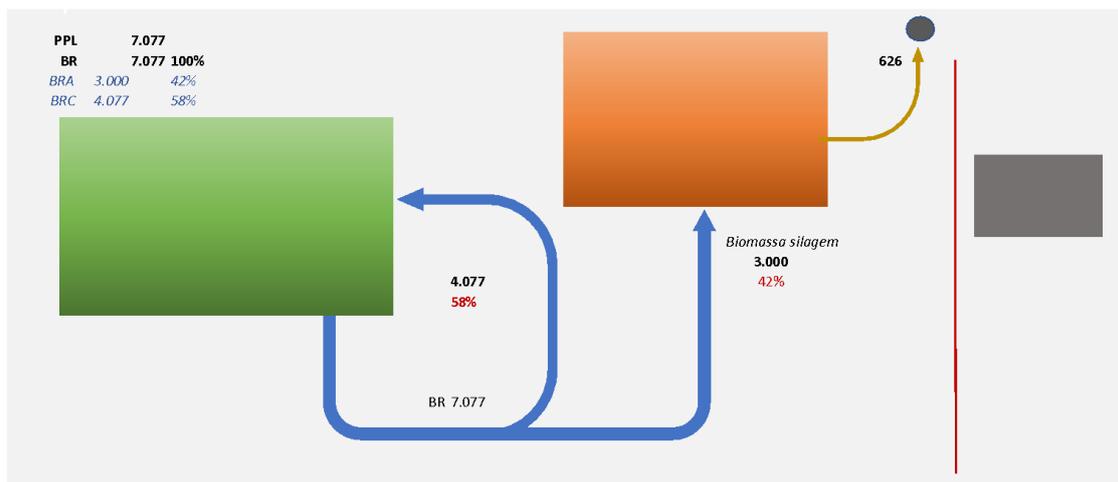
Vale observar que o Roçado é a fração do agroecossistema onde se concentra a maior parte da destinação do esterco acumulado no curral. Em que pese essa prática de restituição vale destacar a elevada pressão dos rebanhos no consumo de forragem nesse espaço produtivo.

c) Campo de milho

No ano de 2020, o NSGA cultivou um campo de milho em uma parcela de 2 hectares cedida por um vizinho. O plantio feito num período mais avançado do ciclo chuvoso impediu que a cultura completasse seu ciclo produtivo. No entanto, a biomassa da parte aérea do milho foi colhida e ensilada para consumo do rebanho no período seco do ano.

Como pode ser observado na ilustração de Figura 11, a produção primária líquida estimada foi de 7.077 kg de massa seca, composta 3.000kg de biomassa de palha de milho cortada e transportada para produção de silagem destinada a alimentação dos rebanhos (Biomassa Reutilizada Animal - BRA) e 4.077 kg de biomassa seca foi incorporada diretamente ao solo nas práticas de manejo das plantas espontâneas e restos de cultivo (Biomassa reutilizada nos cultivos - BRC).

Figura 9 - Fluxos de biomassa seca do Campo de milho (kg de biomassa seca).



O consumo pelos rebanhos da forragem ensilada proveniente do Campo de milho resultou numa produção estimada de 626 kg de massa seca de esterco, excretada no curral durante o período de estabulação.

d) Campos de palma

O agroecossistema possui duas parcelas cultivadas com palma forrageira, compreendendo uma área total de 1,19 hectares (Ver Figura 2). A primeira parcela é um campo de palma associado à criação de aves (galinhas, guinés e perus). Recobre uma área de 0,19 ha, foi implantada há 07 anos e o terreno foi cercado com tela de malha fechada para viabilizar seu uso para pastoreio das aves no período chuvoso. O corte das folhas (cladódios) de palma para fornecimento aos animais passou a ser efetuado após o 3º ano. Para recomposição da fertilidade, além das fezes que as aves excretam diretamente na área, anualmente, após cada corte, os pés podados recebem esterco transportado do curral. A segunda parcela é um campo de palma, com 03 anos de plantado, cercado com arame farpado recobrando uma área de 1ha e ainda não sofreu cortes. No primeiro ano a área foi implantada em consórcio do milho e feijão.

Estima-se uma produtividade média de biomassa seca da parte aérea de palma de 6.000 kg de massa seca por hectare, compreendendo uma produção de 7.140kg de massa seca ao ano. Somados com a produção do estrato herbáceo e o total de biomassa subterrânea, a produtividade primária líquida da parcela (PPL) foi de 10.458 kg.

Em 2020 foram realizados cortes diários de palma durante 08 meses do ano (entre os meses de janeiro e março e entre agosto e dezembro). Diariamente foi coletada 180 kg de massa fresca⁶ (dois carrinhos de mão) compreendendo um total de 4.752 kg de massa seca fornecida aos rebanhos no curral. Estima-se que 80% da palma foi fornecida para o rebanho bovino, 10% para os ovinos e 10% para os caprinos.

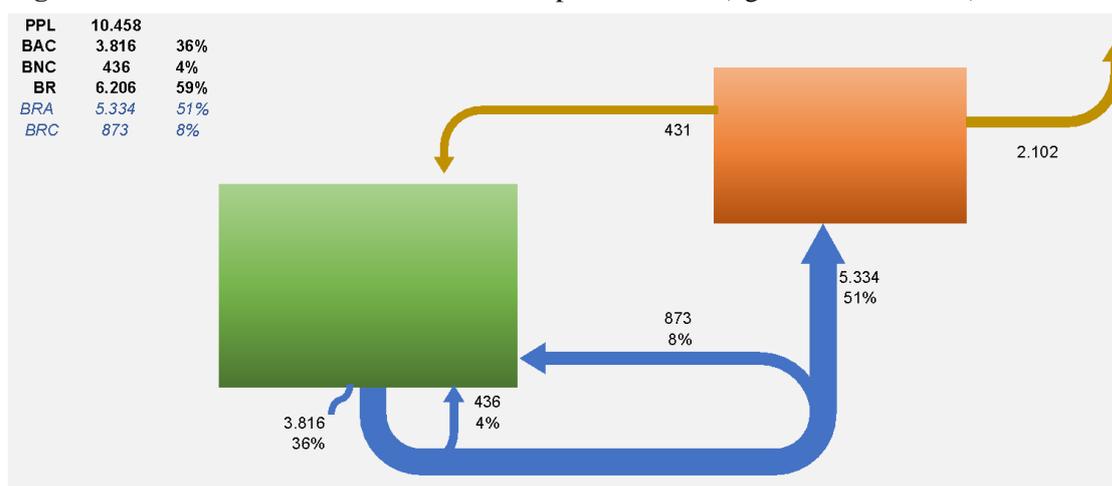
Visto que os campos de palma se constituem também na área cercada de pastoreio das aves, parcela estima-se um consumo de 582kg (40%) da biomassa seca da parte aérea do estrato herbáceo e mesofauna associada.

⁶ Dois carrinhos de mão com uma capacidade média de 90kg por viagem.

No período, nos seguidos cortes de corte da palma, foram transportados do curral e distribuídos juntos aos pés manejados um total de 30 carrinhos de mão de esterco⁷ equivalente a 431kg biomassa seca.

Conforme ilustrado na Figura 10, na composição da PPL da parcela, estima-se que a biomassa reutilizada (BR) representou 59% do total, sendo 51% (5.334kg) destinada e consumida pelos rebanhos, compondo a biomassa reutilizada animal (BRA) e 8% (873kg) restituída aos campos de cultivo, compondo a biomassa reutilizada nos cultivos (BRC). A biomassa não coletada (BNC) representou 4% do total (436kg) e a biomassa acumulada nos campos de palma (BAC) representou 36%, equivalente a 3.816 kg de biomassa seca.

Figura 10 - Fluxos de biomassa seca dos Campos de Palma (kg de biomassa seca).



Vale observar a elevada transferência de biomassa dessa parcela destinada aos rebanhos com uma entrada em contrapartida de matéria e energia relativamente menor na forma de esterco de 431kg.

e) Pasto nativo

O agroecossistema possui 03 áreas de pastagem nativa compreendendo uma área total de 10,24 hectares. Duas delas, localizadas na propriedade do Sítio Palma com 1,94ha e 3,75ha são destinadas ao pastoreio dos ovinos, bovinos, caprinos e das aves. As duas áreas são utilizadas durante todo o ano em regime de rotação. O piquete do pasto nativo 2 é composto por uma área que divide o espaço com uma fração de vegetação de caatinga que foi estratificada como uma parcela em separado (ver Figura 2 e item f). A terceira área de pasto nativo está localizada na propriedade do Sítio Goiana e é entremeada com parcelas de roçado, recobrando uma área de 4,55ha. Como não existem cercas separando as áreas de roçado e de pasto, estas só são acessadas pelo rebanho após finalização das colheitas nas parcelas de roçado (de outubro a fevereiro). Somente o rebanho bovino é deslocado para essa área no período seco.

Estima-se uma produtividade média da biomassa seca da parte aérea da pastagem nativa de 1.713 kg por hectare e 30% de biomassa radicular (514kg/ha), compreendendo uma PPL total de 28.241 kg de massa seca.

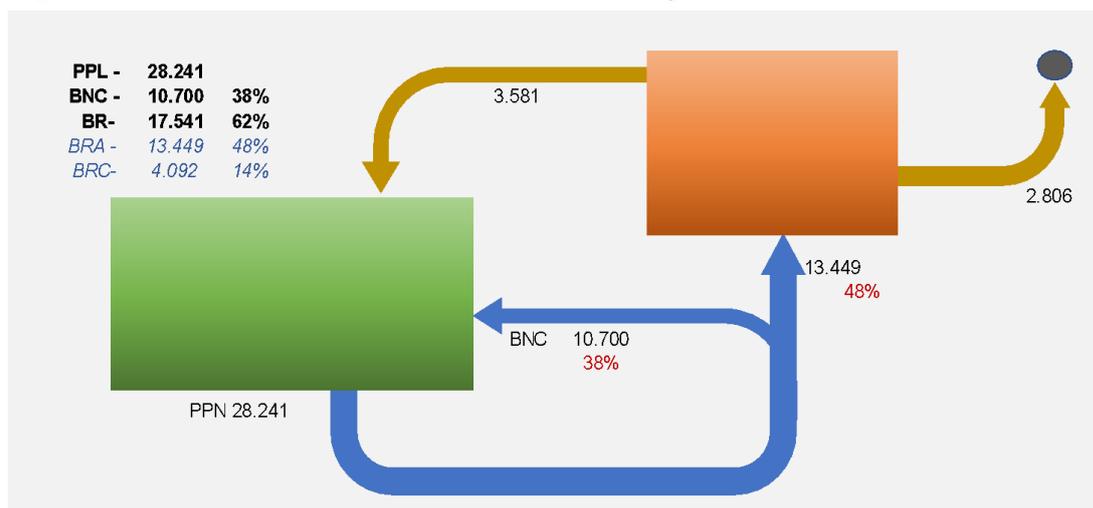
⁷ Cada carrinho de mão comporta 0,0625 m³ de esterco ou 40,6 kg de massa fresca.

Segundo Oliveira (2003), o consumo médio de forragem nos pastos nativos da região é de 1.557kg de massa seca por hectare. Seu trabalho conduzido na mesma comunidade em que está localizado o agroecossistema analisado, aponta que a quase totalidade da produção da parte aérea é consumida pelos rebanhos. Estimou-se que aproximadamente 10% da biomassa produzida seja consumida pelo rebanho.

Ao todo, as 03 parcelas ofertaram 13.440 kg de biomassa seca para os rebanhos (BRA). Estimou-se uma repartição percentual do consumo entre bovinos, ovinos, caprinos E de 67%, 14%, 14% respectivamente, representando 24% do consumo total da forragem dos ruminantes. Ainda foi estimado com consumo de 526 kg de biomassa seca do estrato herbáceo e mesofauna associada pelo pastoreio das aves, representando os 4% restantes. De outro lado, a biomassa seca não coletada (BNC) respondeu por 38% (10.700 kg) do total da biomassa produzida, contribuindo com a oferta de energia e nutrientes para das cadeias tróficas responsáveis para reprodução metabólica da parcela de pasto nativo. Soma-se a isso o esterco depositado na área pelos animais por ocasião do pastoreio. O consumo de forragem pelo rebanho resultou numa produção estimada de 6.387 kg de massa seca de esterco sendo 3.582 kg (56%) de esterco excretado durante o pastoreio dos animais e 2.806 kg (44%) excretado no curral.

Conforme ilustrado na Figura 11, na composição da PPL da parcela, estima-se que a biomassa reutilizada (BR) representou 62% do total, sendo toda consumida pelos rebanhos (BRA). A biomassa não coletada (BNC) representou 38% do total, equivalente a 10.700 kg de biomassa seca concentrado sobretudo nas raízes.

Figura 11- Fluxos de biomassa seca do Pasto Nativo (kg de biomassa seca).



Vale observar a elevada pressão de pastejo exercida pelos rebanhos nos pastos nativos, consumindo a quase totalidade da parte aérea do estrato herbáceo. O sobrepastoreio em sucessivos anos tende a comprometer a diversidade florística do pasto e sua produtividade, na medida em que impede a conclusão dos ciclos reprodutivos de espécies herbáceas com elevado potencial forrageiro presentes. Esse padrão de uso tende acarretar uma degradação dos elementos fundo da parcela (biodiversidade e carbono orgânico) e por conseguinte do agroecossistema.

f) Mata de Caatinga

A Mata de Caatinga se constitui numa parcela do agroecossistema localizada na encosta de um pequeno serrote com solos rasos e com afloramentos rochosos e recobre uma área de 11,99ha. Essa parcela é coberta por uma vegetação de caatinga arbustivo-arbórea aberta em regeneração. Na década de 1970, foi uma área cultivada com sisal (*Agave sisalana*) que foi posteriormente abandonada. Nos períodos de seca prolongados dos últimos 40 anos a maior parte dos pés de sisal foram cortados para serem fornecidos como alimento para os rebanhos. Na composição florística da mata as espécies mais frequentes são, o cardeiro (*Cereus jamacaru*), marmeleiro (*Cereus jamacaru*), pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), faxeiro (*Pilosocereus pachycladus*), xique-xique (*Pilosocereus polygonus*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*), Aroeira (*Astronium urundeuva*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Agave (*Agave sisalana*), feijão bravo (*Capparis flexuosa*), Umbu (*Spondias tuberosa*), mororó (*Bauhinia cheilantha*). Para fins desse estudo, o estrato arbóreo de algaroba (*Prosopis juliflora*) disperso pelo conjunto da propriedade foi integrado a essa parcela.

A parcela Mata Caatinga é explorada como área de pastagem para os rebanhos, fonte de lenha destinada ao preparo de alimentos de consumo da família, para as fogueiras acesas nos dias santos e para beneficiamento de produtos. Os antigos pés de umbu presentes nessa mata fornecem frutos para a família e para os mercados. E por último fornecem estacas utilizadas na reestruturação das cercas da propriedade.

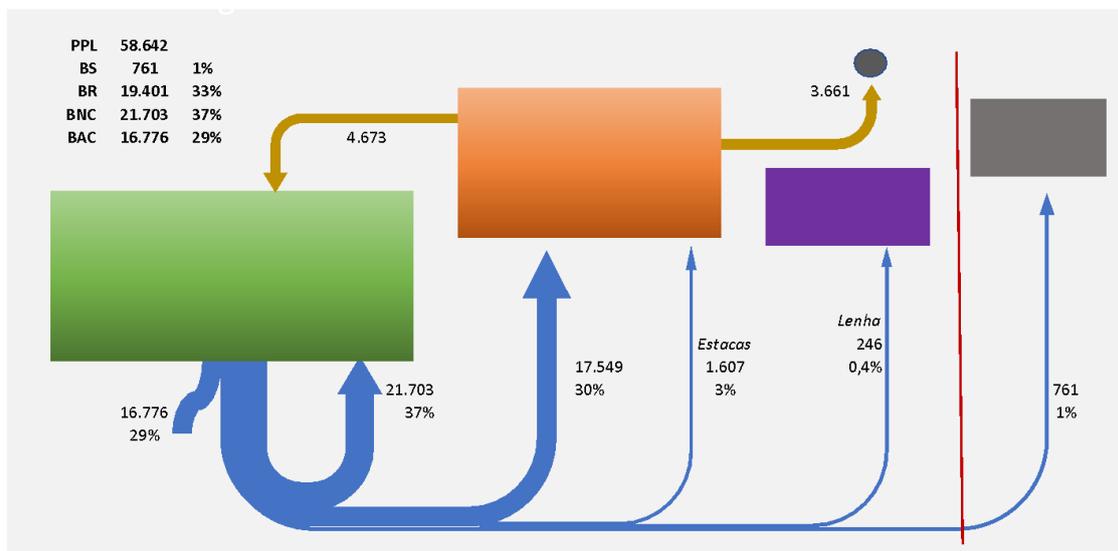
Estima-se uma produção da parte aérea do estrato arbóreo-arbustivo da Mata de caatinga é de 44.217kg de biomassa seca e 3.567kg de biomassa radicular (27%). Somados com a produção do estrato herbáceo, incluindo a biomassa subterrânea, estima-se a produtividade primária líquida da parcela (PPL) em 58.642 kg de biomassa seca.

O consumo de biomassa por parte do rebanho foi estimado em 14.538 kg proveniente do estrato arbustivo-arbóreo e 3.010 kg do estrato herbáceo totalizando 17.549 kg de biomassa reutilizada para os animais (BRA) distribuídas entre os caprinos (50%), bovinos (33%), ovinos (16%) e aves (1%). Representando 33% da PPL da parcela e 31% da demanda de forragem dos sistemas pecuários.

As árvores de algaroba presentes na área forneceram lenha e estaca. Um total de 12 metros estéreo de lenha, sendo 3 metros utilizados para o beneficiamento de produtos, 09 metros para o cozimento dos alimentos consumidos pela família e utilizado com fogueiras na celebração dos dias santos, equivalente a 246 kg e 737 kg de biomassa seca respectivamente. Também foram cortadas 300 estacas de aproximadamente 2,5 metros de comprimento por 07cm de diâmetro, correspondendo a 1.600 kg de biomassa seca. As estacas foram utilizadas para a reforma das cercas de ordenamento do manejo dos rebanhos no agroecossistema.

Os frutos de umbu presentes na caatinga foram colhidos e destinados para o consumo da família e para a venda nos mercados, perfazendo um total de 200 kg de fruto (massa fresca) e 24,6kg de biomassa seca socializada (BS).

Figura 12 - Fluxos de biomassa seca da mata de caatinga (kg de biomassa seca)



Como ilustrado no gráfico acima, Figura 12, a produção primária líquida (PPL) dessa parcela foi de 58,642kg, sendo 761kg de biomassa socializada (BS), 19.401 kg de biomassa reutilizada (BR), 21.703 de biomassa não coletada (BNC) e 16.776 kg de biomassa acumulada (BAC).

O consumo de forragem resultou numa produção estimada de 8.334 kg de esterco. Estima-se que 4.673kg (56%) de esterco tenha sido excretado na parcela pelos rebanhos durante o pastoreio dos animais na área e que 2.922kg (44%) desse volume tenha acumulado no curral no período de estabulação.

Produtividade Primária Líquida do Agroecossistema (PPL)

Conforme pode ser observado na Tabela 16, abaixo, a produção primária líquida nos 34,3 ha do agroecossistema foi de 131.417 kg, alcançando uma produtividade média de 3.831 kg/ha. Pode-se também observar a contribuição proporcionada a cada parcela estratificada em função das formas de ocupação e uso como também da área relativa ocupada.

Tabela 16 – Produtividade Primária Líquida Total e por Parcela – kg

Parcelas	Área		PPL		PPL/ha
	ha	%	KG	%	
Quintal	0,01	0,03%	52	0,04%	5.205
Roçado	8,97	26,15%	26.947	20,5%	3.004
Campo de milho	2	5,83%	7.077	5,4%	3.539
Pasto nativo	10,24	29,85%	28.241	19,9%	2.758
Campo de palma	1,19	3,47%	10.458	21,5%	8.789
Mata de caatinga	11,89	34,66%	58.642	44,6%	4.932
	34,30		131.417		3.831

Vale salientar que as variações na produtividade de biomassa seca por hectare entre as parcelas, a produtividade do campo de palma evidência o papel das cactáceas com metabolismo CAM apresenta bom desempenho mesmo num ano de baixas precipitações pluviométricas. Em que pese a diminuta área da parcela Quintal-calçadão e a baixa contribuição na produção da biomassa total, o aporte de água para o cultivo de hortaliças e frutas proporcionaram uma produtividade mais elevada por unidade de área. O desempenho da parcela mata de caatinga com relativa preservação do estrato arbóreo arbustivo também tem uma produtividade acima da média. De outro lado, também pode-se destacar a baixa produtividade do pasto nativo, indicador do grau de degradação das formas de ocupação e manejo desse espaço produtivo.

3.2 Sistemas Pecuários

A grande maioria dos agroecossistemas de gestão familiar presentes no semiárido brasileiro possuem perfis característicos do metabolismo orgânico e com forte integração entre os sistemas de produção vegetal e os sistemas pecuários. Os sistemas pecuários compõem parte dos elementos fundo de natureza biofísica, cuja função é fornecer biomassa animal útil para a sociedade na forma de alimentos (carne, leite, ovos etc.) ou matérias-primas (peles, lã etc.) e funções ecológicas e sociais, algumas essenciais como a reposição da fertilidade com o estrume e a tração animal para o transporte e preparo dos solos. Em agroecossistemas com perfil metabólico orgânico, o rebanho está adaptado às condições edafoclimáticas e socioeconômicas de seu território. Considerando os rebanhos pecuários compondo a biodiversidade funcional, eles mediam diferentes processos ecológicos do agroecossistema e sua composição se orienta para aproveitar os diferentes recursos alimentares disponíveis (pastagens herbáceas e arbóreas, resíduos de culturas, rações etc.) (GONZÁLEZ de MOLINA *et al* 2019).

No agroecossistema estudado foram identificados e estudados um primeiro grupo de ruminantes composto por bovinos, caprinos e ovinos e um segundo grupo de onívoros composto por perus, galinhas, guínés e suínos. Abaixo apresenta-se uma descrição com os principais resultados extraídos do processamento de dados do Metabolismo Social Agrário.

a) Bovinos

Como pode ser observado na Tabela 17, a criação de bovinos é composta por 04 vacas, 07 bezerros, 01 garrote, e 01 boi de trabalho. Os animais são da raça nelore e somam 4.150 kg de peso vivo, equivalente a 9,22 unidades animais.

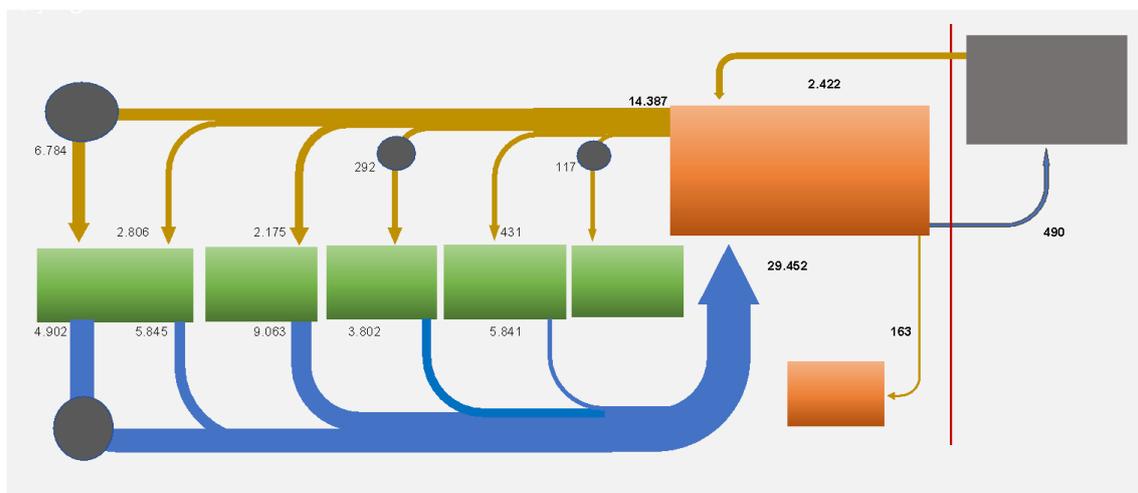
Tabela 17 - Composição do rebanho bovino por sexo idade e peso (kg de peso vivo)

Composição	Número de cabeças	Peso Unitário kg MF	Peso Total Kg MF
Boi de Trabalho	1	800	800,00
Vacas	4	400	1.600,00
Garrotes	1	350	350,00
Bezerros	7	200	1.400,00
Total			4.150,00

No período chuvoso (março a junho), o manejo alimentar se dá com a liberação do rebanho nas áreas cercadas na parte da manhã, para pastoreio nas parcelas do pasto nativo da propriedade do Sítio Palma e na Mata de Caatinga. Na parte da tarde, os animais são recolhidos para o estábulo onde passam o resto do dia e a noite. No início da manhã, antes da liberação dos animais no pasto, e na parte da tarde, os animais recebem suplementação de alimentos composto por palma, silagem, palha de sabugo do milho e de vagens do feijão. As vacas recebem como suplemento adquirido nos mercados como torta de algodão e farelo de trigo. No período seco, após a colheita dos cultivos e das palhas, os animais são liberados para pastar também nas áreas de roçado das duas propriedades. E seguem o mesmo padrão de suplementação alimentar pela tarde. A suplementação no cocho é dimensionada ao longo do ano em virtude da oscilação da disponibilidade de forragem na pastagem. As reservas de forragem na silagem e campos de palma exercem uma função importante na estabilização da oferta de forragem, sobretudo na segunda metade do período seco e início do período chuvoso.

Como pode ser observado no diagrama da Figura 15 abaixo, no ano de 2020, a criação de bovinos consumiu 29.452 kg de biomassa seca de forragem provenientes do pastejo direto nas parcelas, assim como do fornecimento no cocho da palma colhida e da forragem ensilada. A silagem e a palma respondem por 12% e 15 % do consumo alimentar do rebanho bovino. Vale também salientar que o consumo de forragem pelo rebanho bovino representa 60% do consumo alimentar dos ruminantes. Esse consumo também foi composto pela aquisição de 2.422 kg de torta de algodão e farelo de trigo para as vacas em lactação, respondendo por 8% da biomassa forrageira seca destinada ao rebanho bovino.

Figura 13 -Fluxos de biomassa seca associados à criação de bovinos (kg de biomassa seca).



Ao longo do ano de 2020, um garrote foi vendido e foram produzidos para consumo da família e para o mercado 1.590 litros de leite, 303kg de queijo e 16,5kg de doce de leite, correspondendo a 490 kg de biomassa animal socializada (autoconsumo, doação e venda).

O rebanho bovino também excretou, ao longo do ano, 14.387kg de esterco sendo 50% depositado diretamente nas áreas de pastejo e 50% acumulado no curral e, posteriormente, distribuído nas áreas de cultivo com maior interesse do NSGA, para reposição dos nutrientes e matéria orgânica, com destaque para o Roçado, Campo de palma e o Quintal Resultante como subproduto da produção de queijo, 2.774 litros de soro extraídos do leite foram destinados à criação de suínos, constituindo 163kg de massa seca reciclada.

b) Caprinos

A criação de caprinos é composta por 01 bode reprodutor, 10 cabras, 02 bodes, 15 cabritos e cabritas e 10 filhotes, conforme apresentado na Tabela 09. Os animais são da raça boer mestiços e somam 1.810kg de peso vivo equivalente a 4,02 unidades animais (ver Tabela 18).

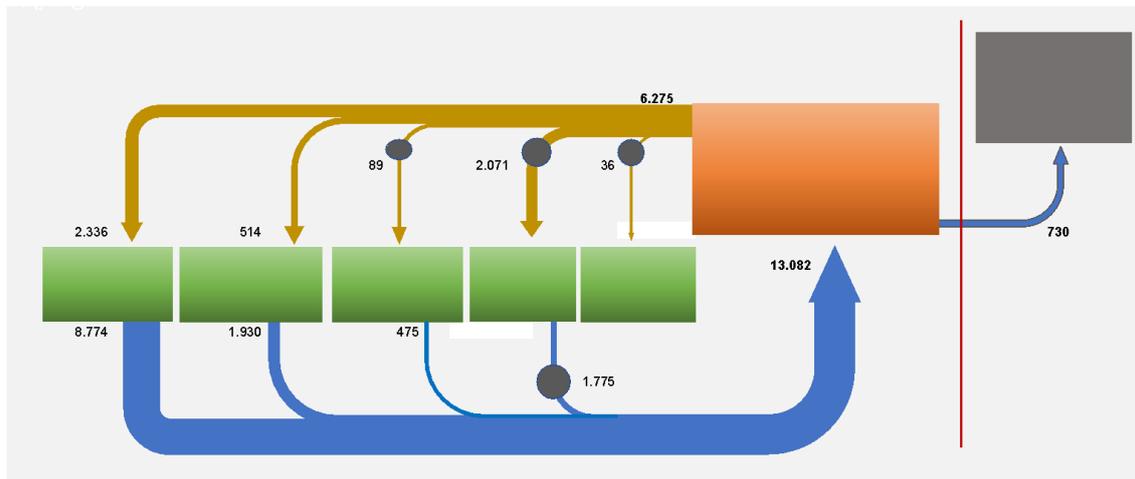
Tabela 18 - Composição do rebanho de caprinos por sexo, idade e peso (kg peso vivo)

Composição	Número de cabeças	Peso Unitário	Peso Total
Bode reprodutor	1	80	80
Cabras	10	60	600
Cabritos	10	40	400
Cabritas	5	40	200
Bode adulto 1	1	90	90
Bode adulto 2	4	60	240
Cabrito filhote	10	20	200
Total			1.810,00

O rebanho de caprinos passa a maior parte do tempo solto nas áreas de pasto e principalmente na de Mata de caatinga, consumindo a forragem produzida no estrato arbustivo-arbóreo da vegetação. Distintamente dos demais ruminantes, os caprinos não acessam a parcela de roçado no período mais seco do ano. Os caprinos são recolhidos no final da tarde e pernoitam no estábulo. Em menor quantidade em relação aos outros ruminantes, recebem suplementação de palma e silagem no cocho, além de uma pequena complementação com milho nos períodos de maior escassez de alimentos.

Como pode ser observado no diagrama da Figura 14, no ano de 2020, o rebanho de caprinos consumiu 13.082kg da massa seca forrageira. Vale destacar que a parcela mata de caatinga responde por 67% da biomassa foi consumida pelo rebanho de caprinos, evidenciando a elevada adaptação desses animais ao bioma da caatinga. A palma, silagem e os grãos de milho fornecidos no cocho respondem a 4%, 14% e 1% respectivamente do total da biomassa forrageira consumida pelos caprinos. O consumo de biomassa forrageira pelo rebanho de caprinos representa 25% do total consumido pelos ruminantes.

Figura 14 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de caprinos (kg de biomassa seca).



Ao longo do ano de 2020, um total de 10 cabritos e 01 bode foram comercializados e mais 04 bodes foram consumidos pela família, correspondendo um total de 730kg de biomassa animal socializada.

Os caprinos excretam ao longo do ano 6.275kg de biomassa seca de esterco, sendo 65% depositada diretamente nas áreas de pastejo e 35% acumulada no curral e posteriormente distribuída nas áreas de cultivo com maior interesse do NSGA para reposição dos nutrientes e matéria orgânica, com destaque para o Roçado, o Campo de palma e o Quintal.

c) Ovinos

A criação de ovinos é composta por 01 carneiro reprodutor, 18 ovelhas, 6 burregos, 02 cordeiros, organizadas na Tabela 10. Os animais são mestiços de várias raças e somam 1.010kg de peso vivo, equivalente a 2,24 unidades animais (Tabela 19).

Tabela 19 - Composição do rebanho de ovinos por sexo, idade e peso (kg de peso vivo)

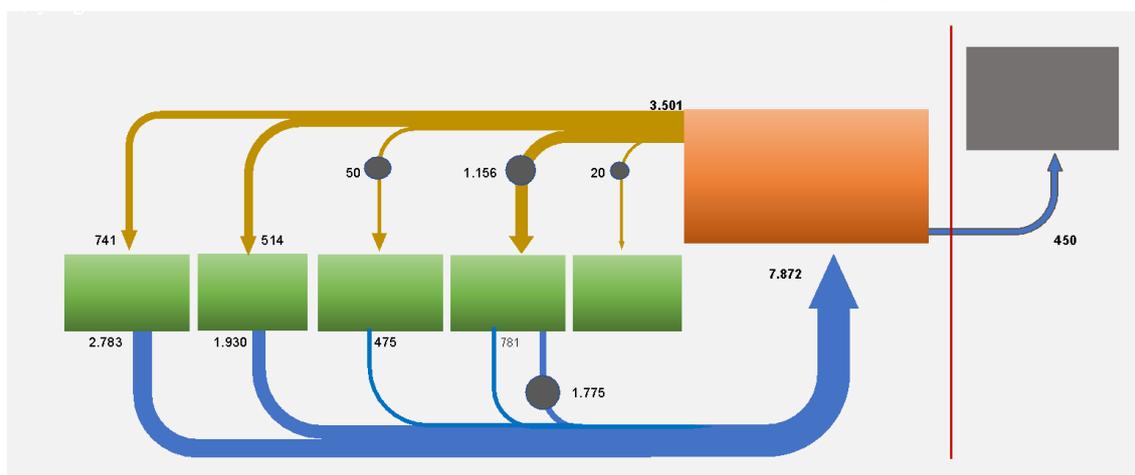
Composição	Número de cabeças	Peso Unitário	Peso Total
Carneiro (reprodutor)	1	60	60
Burregos	6	20	120
Ovelhas	18	45	810
Cordeiros (Filhotes)	2	10	20
Total			1.010

No período chuvoso o rebanho de ovinos passa a maior parte do dia solto nas áreas de pasto nativo, como também na parcela de Mata de caatinga, consumindo a forragem produzida sobretudo do estrato herbáceo. Os ovinos são recolhidos no final da tarde e pernoitam no estábulo. Pela tarde recebem suplementação de palma, silagem e milho no período de maior escassez de alimentos.

No período seco, após a colheita dos cultivos e palhas, os animais são liberados para pastar também nas áreas de roçado da propriedade do Sítio Palma. Seguem o mesmo padrão de suplementação alimentar pela tarde. Como no manejo dos outros animais, a suplementação no cocho é dimensionada ao longo do ano em virtude da oscilação da disponibilidade de forragem na pastagem. As reservas de forragem na silagem e campos de palma exercem uma função importante na estabilização da oferta de forragem, sobretudo na segunda metade do período seco e início do período chuvoso.

Como pode ser observado no diagrama da Figura 15 abaixo, no ano de 2020 o rebanho de ovinos consumiu 7.872 kg de biomassa seca como forragem. A silagem, a palma e o milho fornecidos no cocho responderam respectivamente por 23%, 6% e 2% do total de massa seca forrageira consumida pelos ovinos. O consumo de biomassa forrageira pelo rebanho de caprinos representa 15% do total consumido pelos ruminantes.

Figura 15 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de ovinos (kg de biomassa seca).



Ao longo do ano de 2020, um total de 10 ovelhas foram comercializadas correspondendo a um total de 450kg de biomassa animal socializada.

Os ovinos excretam ao longo do ano 3.501kg de biomassa seca de esterco, sendo 65% depositada diretamente nas áreas de pastejo e 35% acumulada no curral e posteriormente distribuída nas áreas de cultivo com maior interesse do NSGA para reposição dos nutrientes e matéria orgânica, com destaque para o Roçado, o Campo de palma e o Quintal.

d) Criação de aves:

Durante o ano de 2020, o plantel de aves foi composto por 25 galinhas em postura, 47 frangos, 68 guinés, 02 perus e 13 peruas e dois casais de frangote, compreendendo um total de 392 kg de peso vivo, conforme Tabela 20.

Tabela 20 - Composição do plantel de aves por espécie, sexo, idade e peso (kg de peso vivo).

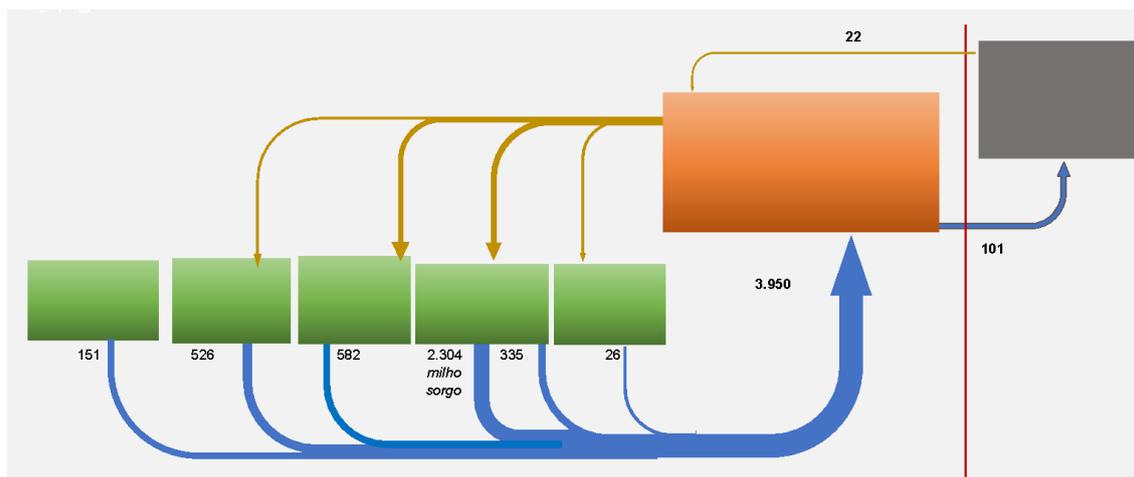
Composição	Número de cabeças	Peso Unitário kg	Peso Total kg
------------	-------------------	------------------	---------------

Galinhas em postura	25	2	50
Frangos	47	2	94
Guinés	68	2	136
Perus	3	9	18
Perua	13	6	78
Perus novos (casais de frangote)	4	4	16
Total			392

O campo de palma cercado com tela, adjacente à residência, também constitui a área de contenção das aves. No período chuvoso, quando as culturas anuais estão a campo, as aves são manejadas nesse espaço para não predares os cultivos anuais presentes nos roçados. No período seco do ano, os animais são criados à solta. O plantel de guinés e perus circulam por toda a propriedade se alimentando de insetos e do extrato herbáceo. Diariamente, as aves recebem suplementação de milho e, em menor quantidade, de sorgo. Recebem também os restos dos cultivos de hortaliças e da acerola.

Como pode ser observado no diagrama da Figura 16 abaixo, nos anos de 2020, os plantéis de galinhas, guinés e perus consumiram 3.950 kg de massa seca produzida nos agroecossistemas. Destaque especial para a contribuição dos grãos de milho e em menor medida dos grãos de sorgo que juntos responderam por 59% do consumo de ração. De outro lado se destaca a ração derivada dos restos de cultivo e do pastoreio dos animais nas parcelas que responderam pelos outros 40% do consumo de alimentos pelas aves. Cerca de 22 quilos de massa seca de quirera de milho foi adquirida nos mercados para alimentar os pintos respondendo por 1% do consumo de ração.

Figura 16 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de aves (kg de biomassa seca).



Ao longo de 2020, foram consumidos e comercializados 4.520 ovos de galinha, 480 ovos de guiné, 22 frangos, 28 guinés, 2 perus, uma perua e dois casais de perus novos perfazendo um total de 101kg de biomassa seca socializada.

e) Criação de Suínos

Conforme pode ser observado na Tabela 21 abaixo, durante o ano de 2020, o plantel de suínos foi composto por uma matriz, 03 leitões de 150 dias e 8 leitões, compreendendo um total de 633 kg de peso vivo.

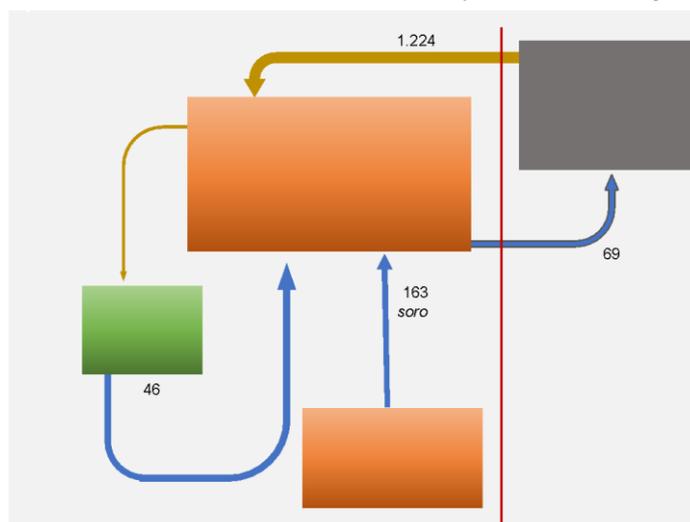
Tabela 21 - Composição do plantel de aves por espécie, sexo, idade e peso (kg de peso vivo).

Composição	Número de cabeças	Peso Unitário	Peso Total
Porca Matriz	1	140	140
Leitão 60 dias	8	20	160
Leitões 150 dias	3	111	333
Total			633

Os suínos são criados em confinamento em uma pequena pocilga localizada dentro do campo de palma. Toda a alimentação é fornecida no cocho, combinando a mobilização de restos de alimentos e cultivos com farelo de trigo adquirido no mercado.

Como pode ser observado no diagrama da Figura 19 abaixo, no ano de 2020 os suínos receberam 2.574 litros de soro de leite, equivalente 163kg de biomassa seca e 46kg de biomassa seca dos restos de alimento e cultivo dos roçados produzidos no roçado. Vale destacar que os suínos receberam 1.224kg de biomassa seca de farelo de trigo adquiridos no mercado, representando 85% da ração consumida pelos suínos.

Figura 17 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de suínos (kg de biomassa seca).



Ao longo de 2020 foram consumidos e comercializados perfazendo um total de 69 kg de biomassa seca socializada.

3.3 – Funcionamento do Agroecossistema sob a perspectiva do Metabolismo Agrário

Como pode ser observado na Tabela 22, no ano de 2020, a produtividade primária líquida do agroecossistema estudado foi de 131.414 kg de biomassa seca. A extração doméstica (ED), isso é, a biomassa apropriada direta ou indiretamente pelo NSGA, foi de 77.986 kg representando 59 % da PPN e se constitui na base do fluxo de energia e materiais que o NSGA intercambia com agroecossistema. Vale salientar que do uso final da extração doméstica, 70% se dirigiram à alimentação animal, 28% são restos de cultivo utilizados como matéria orgânica para recompor a fertilidade do solo e 2% foram utilizadas na alimentação humana como lenha e estacas. De outro lado, o nível de sustentabilidade da extração doméstica depende também da biomassa que não é extraída (Biomassa Não Coletada) e que, portanto, permanece no agroecossistema a disposição para alimentação das cadeias tróficas compostas pelos por

organismos heterotróficos silvestres. No caso estudado a Biomassa Não Coletada foi de 32.839 kg perfazendo um total de 25% da PPL.

Cerca de 2.413kg de biomassa seca (Vegetal+Animal) foram destinados ao consumo da família, doadas ou comercializadas nos mercados, compondo a Biomassa Socializada (exportada), representando 2% da PPL. Ao passo que foram mobilizados nos mercados (biomassa importada) um total de 3.668 kg de matéria seca. Esses dados sinalizam para um balanço físico comercial de biomassa de 1.255 kg, indicando uma proporção maior de biomassa importada frente a biomassa exportada.

Podemos também observar nos indicadores da Tabela 22 que o consumo doméstico de biomassa foi de 80.149kg, ou seja no agroecossistema estudado o consumo doméstico de biomassa depende, quase que exclusivamente, da Extração Doméstica.

A fração mais importante da PPL foi reincorporada ao agroecossistema por meio das práticas de manejo efetuada pelo trabalho do NSGA, perfazendo um total de 76.546 kg de biomassa reutilizada que representa 58% da PPL. A soma biomassa não coletada e a biomassa reutilizada resulta em 83% da PPL constituída em biomassa reciclada. A contribuição da biomassa acumulada (BAC), concentrada na mata e nos campos de palma representaram 16% da PPL e com uma produção no ano de 20.592kg.

Tabela 22. Indicadores do Metabolismo do Agroecossistemas em kg de matéria seca

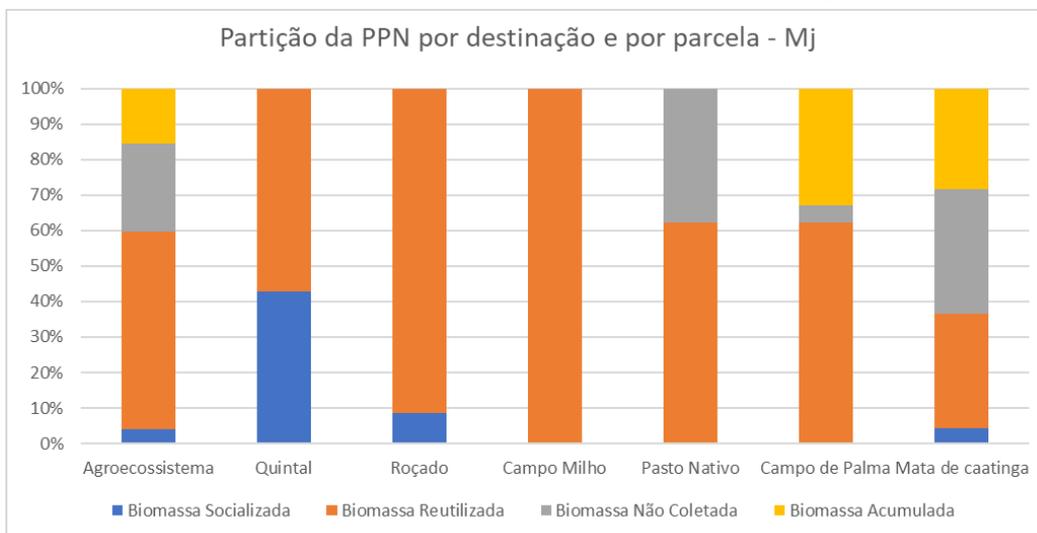
	kg matéria seca	% da PPL real
Importações (input)	3.668	
PPN real	131.417	
Biomassa Não Coletada	32.839	25%
Biomassa Acumulada	20.592	16%
Extração Doméstica (ED)	77.986	59%
Biomassa Reutilizada	76.546	58%
Biomassa Reciclada	109.385	83%
Biomassa Socializada (export)	2.413	2%
B Vegetal Socializada	1.440	1%
B Animal Socializada	974	
Consumo Doméstico (CD=ED+Import-Export)	79.240	
RTM (ED+I)	81.653	

No Gráfico 03 pode-se observar a partição percentual da biomassa em MJ de cada uma das parcelas e no agroecossistema. Segundo González de Molina *et al* (2019) para a garantia do funcionamento do agroecossistemas no longo prazo é essencial que haja um equilíbrio entre a energia que é extraída (Biomassa Vegetal Socializada (BVS) + Biomassa Reutilizada (BR)), em relação à não extraída (Biomassa Não Coletada (BNC) + Biomassa Acumulada (BA)).

Ao analisar o conjunto do agroecossistemas a proporção de biomassa extraída (60%) e não extraída (40%). Por outro lado, se observamos individualmente as parcelas Quintal, Roçado, Campo de Milho notamos que a biomassa extraída representa 100% da biomassa

produzida. No caso da parcela de pasto nativo, a biomassa não coletada está concentrada na biomassa radicular representando uma proporção de 62% e 38% entre biomassa extraída e não extraída da parcela respectivamente. Esse quadro expõe, portanto, um desequilíbrio relativo no interior do agroecossistema, que em alguma medida é compensado pela restituição da matéria orgânica na forma de esterco indicando o papel positivo da alta densidade conectiva entre os fluxos internos de biomassa.

Gráfico 3 - Partição da PPL por parcela e destino em % de energia bruta (MJ)



Na Tabela 23, apresenta-se a produção primária líquida e biomassa animal associada tanto em quilos de biomassa seca, como em energia bruta. Também é detalhada a partição Biomassa Vegetal Socializada (Cultivos + Florestal) e da Biomassa Reutilizada (Animais e Cultivos).

A proporção elevada da biomassa reutilizada (58% em kg e 55% em MJ), associada ao consumo de biomassa forrageira e a reposição de fertilidade aos solos, revela o expressivo investimento em trabalho humano para a reprodução das condições biofísicas (fertilidade) do agroecossistema. Isso resulta em um efeito importante em termos econômicos, evidenciados pela análise econômico-ecológica do método LUME, com consumos intermediários muito baixos representando apenas 11% da renda bruta. Também pode analogamente ser evidenciado na análise metabólica do MA, a energia bruta importada de fora do agroecossistema (Tabela 24) aportou somente 3% de energia bruta sobre o total da produtividade primária do agroecossistema.

Tabela 23 - Produção Primária Líquida e biomassa animal associada, quilos de biomassa seca e megajoules de energia bruta

	Biomassa seca kg		Energia Bruta MJ	
PPL + Animal	132.391	100%	2.520.877	100%
<i>Biomassa Vegetal Socializada (BVS) (a)</i>	1.440	60%	97.360	4%
<i>Biomassa Vegetal Socializada (Cultivos)</i>	703			
<i>Biomassa vegetal Socializada (Florestal)</i>	737			
<i>Biomassa Animal Socializada (BAS) (b)</i>	974	40%	27.687	1%

Biomassa Socializada (BS= a+b)	2.413	2%	125.046	5%
Biomassa Reutilizada	76.546	58%	1.392.793	55%
<i>Biomassa Reutilizada Animais</i>	<i>54.747</i>	<i>72%</i>		
<i>Biomassa Reutilizada Cultivos</i>	<i>21.788</i>	<i>28%</i>		
Biomassa Não Coletada	32.839	25%	612.973	24%
Biomassa Acumulada	20.592	16%	390.064	15%

Vale destacar ainda que a porção mais expressiva da biomassa reutilizada é destinada aos sistemas pecuários, representando 72% dessa fração (ver Tabela 23). Essa composição ao mesmo tempo indica a forte integração entre o sistema de produção vegetal e animal e, por outro lado, a apropriação da biomassa reutilizada pelos rebanhos aponta uma elevada pressão sobre a biomassa produzida, amplificando a fração da biomassa extraída. No entanto, ao cruzar os dados do MA com o LUME, pode-se destacar que a renda agrícola proveniente dos sistemas pecuários representa mais de 70% da renda apropriada pelo NSGA no agroecossistema.

Foram também contabilizados os insumos e serviços de origem externa mobilizados nos mercados no agroecossistema, organizados na Tabela 24.

Tabela 24 - Insumos e serviços mobilizados de origem externa em quilogramas e em energia bruta.

Insumos Externos		
	Kg	MJ
Torta de Algodão	1.607	33.126
Farelo de trigo (bovinos)	816	15.201
Farelo de trigo (suíno)	1.224	19.481
Ração crescimento Aves	22	366
TOTAL	3.668	68.174

Serviços Externos		
		MJ
Trator – cultivador	Roçados	4.664
Trator debulha	Roçados	614
Trator – cultivador	Roçado diversificado	614
Trator – Forrageira	Pecuária	5.952
Diária – Silagem	Pecuária	947
TOTAL		12.791

Total Insumos e serviços externos	80.965
--	---------------

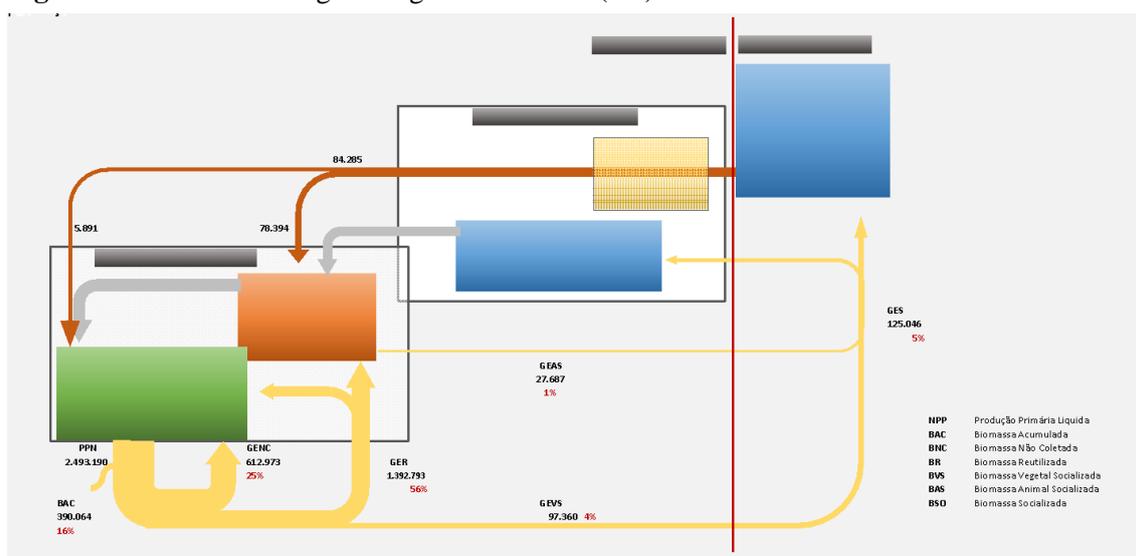
Como pode ser ilustrado no diagrama da Figura 18, a estrutura e funcionamento do agroecossistema de estudo estão configurados com um perfil característico do metabolismo orgânico. Uma porção bastante expressiva da energia gerada na forma de biomassa é mantida dentro do sistema nos processos de reciclagem ou como biomassa acumulada, conservando parte dos elementos fundo, notadamente a biodiversidade que sustenta a prestação dos serviços agroecossistêmicos, entre os quais a produção de biomassa. Ainda se apresenta com um perfil muito baixo de emprego energia bruta

importada de fora do agroecossistema (insumos e serviços) e, portanto, elevada autonomia. A exceção a esse padrão se localiza na criação de suínos que depende de um aporte mais substantivo de ração proveniente dos mercados.

Por outro lado, vale também assinalar a elevada pressão de pastejo exercida pelos rebanhos ruminantes que indicam uma tendência de degradação da estrutura biofísica do agroecossistema, em especial perda de diversidade florística no pasto, com um progressivo descenso do retorno energético na forma de biomassa.

A importância crescente dos sistemas pecuários vem implicando também em uma tendência de ocupação das áreas de cultivo agrícola dedicadas à produção de biomassa de alta qualidade (grãos e forragem) para os rebanhos. Isso pode ser observado, pela expansão recente (últimos três anos) do cultivo de áreas de milho solteiro como também pela expansão do cultivo da palma forrageira.

Figura 18 - Fluxo de energia no agroecossistema (MJ)



3.4 Eficiência energética do agroecossistema:

Ao analisar o agroecossistema estudado podemos observar que energia total consumida para sustentar o funcionamento do agroecossistema foi em sua quase totalidade proveniente dos fluxos internos de biomassa – soma da Biomassa Não Coletada e da Biomassa Reutilizada reinvestidos na reprodução ecológica do agroecossistema.

Como pode ser observado na Tabela 25, a taxa de retorno energético PPL EROI⁸ foi positiva resultando num índice de 1,2, isso é para cada MJ investido na reprodução do agroecossistema foram produzidos 1,2 MJ, evidenciando resultados positivos em termos de eficiência energética do metabolismo socioecológico do agroecossistema. Segundo González de Molina *et al* (2019) esse indicador compõe um conjunto de indicadores agroecológicos de eficiência energética (EROIs Agroecológicos) elaborados para estimar

⁸ PPN EROI= PPN/(BNC+BR+Insumos externos) onde o denominador expressa toda a energia consumida no processo de produção e o numerador toda a biomassa produzida no agroecossistema (GONZÁLES de MOLINA *et al* 2019).

o retorno de energia investida pela sociedade, na forma de fluxos de biomassa que, por sua vez, dão sustentação aos elementos fundo do agroecossistema.

Tabela 25 - EROIS Econômicos e Agroecológicos

EROIS Econômicos	
EROI Final	0,151
EROI Final Externo EFEROI	2,639
EROI Final INTERNO IFEROI	0,160
EROIS Agroecológicos	
PPL EROI	1,2
EROI Final Agroecológico AE-FEROI	0,106
EROI Biodiversidade	0,293
Woodening EROI	0,187

Vale também destacar os resultados do EROI Biodiversidade⁹ com valor de 0,293 indicando que a terça parte de toda a energia consumida retornou para o agroecossistema na forma de biomassa disponível para alimentar as espécies heterotróficas nativas e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Contudo, como foi já assinalado, se observarmos somente as parcelas de cultivo (Roçado e Campo de Milho) a totalidade da biomassa foi extraída mesmo que em parte compensada pela reposição da biomassa na forma de esterco.

Por último, vale destacar que o presente estudo adotou um marco temporal reduzido, de apenas de um ciclo agrícola. Esse aspecto limita o potencial analítico que a ferramenta apresenta e em particular o uso dos EROIs para observar a evolução do desempenho no tempo e sua sustentabilidade.

VI. Conclusões

Os resultados alcançados por meio do estudo confirmam a hipótese central que o motivou, ou seja, a possibilidade de integração das abordagens metodológicas propostas pelo Lume e MA por meio de uma ferramenta que permita integrar os dados referentes a fluxos biofísicos dos agroecossistemas já levantados para a análise econômico-ecológica do Lume, a fim de realizar de forma combinada análises metabólicas dos agroecossistemas empregando os referenciais do Metabolismo Social Agrário.

Os resultados do exercício prático do emprego do método LUME como suporte e integração para a aplicação dos cálculos e análise do Metabolismo Social Agrário se mostraram consistentes.

A combinação de indicadores do LUME e MA, no estudo do agroecossistema ampliaram de forma substantiva a amplitude e potencial analítico da sustentabilidade socioecológica do agroecossistema. A análise metabólica do MA permite verificar a capacidade de reprodução ecológica do sistema, ou seja, estabelecer índices de sustentabilidade com

⁹ Biodiversidade.EROI= $BnC / (BR + BnC + Entradas\ externa)$ onde o denominador expressa toda a energia consumida no processo de produção e o numerador a Biomassa Não Coletada (BNC) responsável para alimentação dos organismos heterotróficos do agroecossistema.

base em uma análise materialista. Por outro lado, o LUME¹⁰ proporciona uma visão sobre a remuneração efetiva do trabalho do NSGA, oferecendo também uma boa visão sobre a autonomia técnica e econômica do sistema.

A distinção entre fluxos econômico-ecológicos que orienta o LUME e fluxos de matéria energia e informação do Metabolismo Agrário se reflete na forma de representação das unidades de análise. Os subsistemas, unidades básicas de análise no LUME, enfocam o processo de trabalho, ou seja, a conversão de bens ecológicos em bens econômicos (valores). Já as parcelas, unidades básicas no MA, enfocam os processos de conversão de bens ecológicos em biomassa.

A análise do agroecossistema com a estratificação em parcelas físicas em função de suas formas de ocupação e manejo permitiu uma análise mais refinada dos fluxos biofísicos internos, permitindo analisar a densidade conectiva entre as parcelas e sua integração com os sistemas pecuários. Permitiu também identificar potenciais desequilíbrios e disfunções nos fluxos de matéria e energia do agroecossistema e sua dependência relativa de recursos mobilizados fora do agroecossistema.

Utilizando as orientações metodológicas do LUME para a descrição da estrutura e funcionamento do agroecossistema e de coleta dos dados quantitativos - notadamente o croqui da propriedade, o diagrama de fluxos de insumos e produtos e sua qualificação e quantificação - foi possível calcular uma parcela expressiva da produção primária líquida (PPL) do agroecossistema, utilizando para tanto as tabelas com os fatores de conversão empregadas pelo Metabolismo Social Agrário (MA).

Para o presente estudo foi possível mobilizar um conjunto importante e fatores de conversão complementares para cálculo da PPL e mais ajustados aos cultivos e às características edafoclimáticas do Brasil e, em especial ao semiárido brasileiro. Todavia, uma proporção maior utilizada foi proveniente dos dados do *Documentos de Trabalho DT-SEHA n. 1406 Guzmán et al 2014*. Em que pese o uso ainda expressivo de índices e fatores de conversão referenciados nas condições edafoclimáticas da Europa, os resultados já permitem um grau de aproximação suficiente para proceder uma análise qualificada do perfil metabólico do agroecossistema estudado.

Para atender as necessidades de processamento das análises do MA, foram identificados e empregados procedimentos de coleta de dados suplementares aos empregados pelo Método LUME:

- Estratificação das parcelas por forma de ocupação e uso - Em que pese o ordenamento da coleta de dados empregados no Método LUME estarem orientados para o recorte analítico de subsistemas, segundo unidades de gestão do processo de trabalho, foi perfeitamente possível promover o reordenamento dos dados por meio da estratificação do espaço físico em parcelas delimitadas em função das distintas formas de ocupação e uso, se adequando a contabilização dos fluxos de matéria e energia necessários para as análises do Metabolismo Social Agrário.
- Dimensionamento das parcelas estratificadas no agroecossistema – a imprecisão na coleta das informações sobre as dimensões de cada uma das parcelas quando adotamos os instrumentos (croqui) durante o Método LUME foi contornada com

¹⁰ O presente estudo só deteve uma parte das análises quantitativas do Método LUME. As análises quantitativas referente a riqueza gerada por gênero e geração, assim como, as análises qualitativas que contemplam um conjunto de atributos de sustentabilidade não foram contempladas.

o uso de imagens captadas por meio da plataforma Google Earth. As áreas calculadas por essa plataforma produziram dados com níveis de precisão satisfatórios.

- Composição do estrato herbáceo arbustivo e arbóreo – por meio da integração de perguntas complementares na entrevista semiestruturada foi possível fazer um levantamento adequado da composição e diversidade florística presente no pasto nativo, no estrato herbáceo de plantas espontâneas do roçado e da composição do estrato arbóreo e arbustivo da mata de caatinga.

- Estimativas de produção e consumo de estacas e lenha – com uma coleta mais precisa na entrevista semiestruturada foi possível obter dados mais aproximados sobre as medidas das estacas (diâmetro e comprimento) e dos metros estéreo da colhida e lenha consumida.

- Repartição proporcional da forragem consumida por parcela e por tipo de rebanho – por meio da integração de perguntas complementares na entrevista semiestruturada, com foco nas práticas de manejo alimentar dos rebanhos (caprinos, ovinos e bovinos), foi possível estimar em termos percentuais a repartição proporcional de biomassa forrageira consumida proveniente de cada uma das parcelas, da silagem e da ração adquirida no mercado.

- Quantificação de insumos – o conjunto de procedimentos adicionais para a quantificação da palma colhida, da silagem armazenada e da repartição entre rebanhos, além da quantificação do esterco do curral redistribuído nas parcelas foi efetuado de forma satisfatória.

- Balanco forrageiro dos rebanhos – a coleta de informações complementares detalhando a composição por sexo, idade e peso dos rebanhos foi essencial para estimar o consumo de alimentos pelos rebanhos. As tabelas elaboradas na planilha em Excel, cotizando a demanda e oferta de forragem por rebanho permitiu ajustar a congruência entre essas duas informações. Em que pese a realização do balanço forrageiro ter sido efetuado pelo consumo de matéria seca ao invés do cálculo de energia metabolizável, seus resultados foram congruentes produziram uma boa aproximação.

Foram ainda identificados alguns aspectos relativos às especificidades do contexto brasileiro e, em especial, do semiárido e mais especificamente área pertencente ao bioma caatinga derivados da elevada variabilidade temporal e espacial das chuvas. Essa marcada característica da região se constitui um desafio para se para o estabelecimento dos índices de colheita e para atribuição de médias de produtividades:

- Em que pese a qualidade dos dados gerados no cálculo da biomassa total produzida pelos cultivos aplicando os índices de colheita ao total de produtos colhidos, uma atenção especial precisa ser dada nos casos em que a irregularidade das chuvas compromete a produção de grãos, mas permite ainda uma produção significativa de palha e raízes. Isso se verificou particularmente importante no cultivo de milho sendo um fenômeno que ocorre com bastante frequência na região semiárida brasileira.

A produção de biomassa forrageira das culturas da cultura milho está no centro da estratégia de manejo alimentar dos ruminantes. A preferência das famílias agricultoras por variedades de milho de porte alto e, portanto, de elevada produção de palha em parte se justifica por essa razão. No estudo, mesmo adotando índices gerados no semiárido, observou-se no ano em curso um certo grau de divergência entre a produção de biomassa da parte aérea e o volume de silagem armazenada estimada, sugerindo uma produção de palha maior que a calculada por meio do índice de colheita do milho.

Diante do ciclo chuvoso curto e irregular muitas famílias cultivam áreas de milho, mesmo que mais ao final do ciclo chuvoso, aproveitando áreas de cultivo disponíveis para ampliar a biomassa forrageira produzida, ainda que não resulte produção de grãos. No caso estudado, a família fez uso de uma área de 02 hectares com esse fim e colheu somente palha que foi ensilada.

- As variações observadas na produtividade de biomassa das áreas de pastagem, caatinga e das plantas espontâneas dos cultivos agrícolas são expressivas. A elevada irregularidade no volume e distribuição anual das chuvas dificulta a atribuição de médias de produtividade para esses espaços produtivos. O estudo realizado por Oliveira (2003) em dois anos consecutivos (2000 e 2001), na mesma comunidade onde o estudo de caso foi realizado, a precipitação foi de 1.038mm e 369 mm respectivamente. A variação entre os dois ciclos com queda na precipitação de 64% resultou numa variação negativa de 39% no volume do pasto nativo consumido pelos rebanhos, além das variações nas produtividades de milho (-67%) e feijão (-39%).

Ainda foi identificado uma distinção relevante entre o Método LUME e do Metabolismo Social Agrário no que se refere aos critérios de partição da biomassa para fins de cálculo dos fluxos. Trata-se da distinção entre os procedimentos metodológicos de identificação e quantificação da biomassa reutilizada adotada pelo MA, e a biomassa de reciprocidade ecológica adotada no LUME. Em que pese o fato de os dois métodos conceituarem de forma semelhante essa fração, sendo a biomassa diretamente apropriada no processo de trabalho humano, sua delimitação apresenta distinções, mas que repercute em volumes contabilizados diferentes. Abaixo apresentamos alguns casos em que foram identificadas essas diferenciações na contabilização

No roçado, áreas de cultivo anual, os restos de cultura e raízes dos cultivos que permanecem no solo, assim como as plantas adventícias/espontâneas são classificadas e contabilizadas no MA como biomassa reutilizada, ao passo que essas não são contabilizadas no LUME como fração constituinte da reciprocidade ecológica. Nesse caso, em que pese o LUME, identificar que essa fração da biomassa está diretamente associada ao trabalho efetuado nas práticas de manejo do agroecossistema, não foi desenvolvido, até o momento, no LUME procedimentos metodológicos para contabilizar e atribuir valor econômico a ela. Analogamente essa mesma distinção se aplica às áreas de pomar.

A forragem consumida pelo rebanho diretamente nas parcelas de pasto é contabilizada no MA como biomassa reutilizada, ao passo que essas não são contabilizadas no LUME como fração constituinte da reciprocidade ecológica. Essa mesma situação pode ser observada na Mata da Caatinga, referida a biomassa reutilizada pelo pastoreio do rebanho. Aqui pode-se observar uma distinção analítica na objetivação do conceito sobre a delimitação de onde há ou não investimento de trabalho humano direto associado à

conformação dessas parcelas ou mesmo sobre as formas de manejo do rebanho nesse espaço.

Pelas razões acima, em que pese a similaridade entre os conceitos de reciprocidade ecológica do LUME e Biomassa Reutilizada do MA, eles se expressam de forma distinta na quantificação e valoração da biomassa.

A planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas desenvolvida se mostrou adequada para dar suporte à entrada e ao processamento de dados para a análise do Metabolismo Social Agrário em Agroecossistemas, valorizando amplamente os dados primários também levantados para a realização das análises econômico-ecológicas propostas pelo método LUME.

Em que pese os resultados alcançados com uso da planilha, o lançamento de dados e aplicação dos fatores de conversão para cálculo da Produção Primária Líquida do agroecossistema ainda não permite ser realizado com um grau de automatização desejada e satisfatória. Isso se explica em primeiro lugar pelo estágio atual de desenvolvimento da ferramenta que nesse estudo se orientou para conceber sua estrutura e aplicar num caso específico. Em segundo lugar, à complexidade associada às especificidades na entrada de dados e adoção de fatores como muitas variáveis associadas aos procedimentos de lançamentos e que precisam ser mais bem sistematizadas para estabelecimento de padrões que possam ser generalizáveis.

VII. Futuras linhas de investigação

Realizar um número maior de estudos empíricos em situações variadas para testar a coerência do instrumento proposto a fim de conciliar as abordagens do Lume com a abordagem do MA.

Ampliação do quadro com fatores de conversão de biomassa para a realidade dos biomas brasileiros. Integrar um número maior de cultivos que são frequentes nos agroecossistemas do Brasil. Ampliar o número de estudos por espécies para aumentar a confiabilidade das médias, assim como ampliar o número de indicadores por espécie já incorporados.

Aprimoramento da Planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas entre eles a funcionalidades de alimentação com os dados empíricos, a funcionalidade de acesso e integração dos fatores de conversão por espécie. Ampliar o número de gráficos gerados. Estudo das possibilidades de integrar e implementar fatores de conversão e análises dos fluxos carbono orgânico e de macronutrientes (N, P, K) conferindo condições para análise mais qualificada dos elementos fundo dos agroecossistemas.

VIII. Índice de imagens, tabelas, diagramas, gráficos.

1. Índice de Tabelas:

Tabela 1 - Índices de colheita e resíduos em kg de matéria fresca	16
Tabela 2 - Índices de colheita e resíduos em kg de matéria seca	16
Tabela 3 - Proporção de raízes – razão Raiz:Parte Aérea.	17
Tabela 4 - Produtividade das herbáceas espontâneas nas áreas de cultivo em kg de matéria seca /ha	17
Tabela 5 - Índices de matéria seca de produtos e resíduos kg de matéria seca/ kg de matéria seca	17
Tabela 6 - Índices vegetação Caatinga	18
Tabela 7 - Fatores de conversão de biomassa para energia bruta em MJ	19
Tabela 8 - Composição das áreas por forma de ocupação da propriedade I Sítio Palma	23
Tabela 9 - Composição das áreas por forma de ocupação da propriedade II Comunidade Goiana	24
Tabela 10 – Insumos consumidos nos subsistemas do AE analisado	26
Tabela 11 – Lista de produtos do AE estudado	27
Tabela 12 - Parcelas por forma de ocupação e uso	30
Tabela 13 – Composição e produção dos cultivos	31
Tabela 14 - Composição dos consórcios por subárea de roçado	32
Tabela 15 - Composição e produção dos cultivos.	32
Tabela 16 – Produtividade Primária Líquida Total e por Parcela – kg	39
Tabela 17 - Composição do rebanho bovino por sexo idade e peso (kg de peso vivo)	40
Tabela 18 - Composição do rebanho de caprinos por sexo, idade e peso (kg peso vivo)	41
Tabela 19 - Composição do rebanho de ovinos por sexo, idade e peso (kg de peso vivo)	43
Tabela 20 - Composição do plantel de aves por espécie, sexo, idade e peso (kg de peso vivo).	44
Tabela 21 - Composição do plantel de aves por espécie, sexo, idade e peso (kg de peso vivo).	45
Tabela 22 . Indicadores do Metabolismo do Agroecossistemas em kg de matéria seca	47
Tabela 23 - Produção Primária Líquida e biomassa animal associada, quilos de biomassa seca e megajoules de energia bruta	48
Tabela 24 - Insumos e serviços mobilizados de origem externa em quilogramas e em energia bruta.	49
Tabela 25 - EROIS Econômicos e Agroecológicos	51

2. Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Composição das rendas em reais – Produto Bruto (PB), Valor Agregado (VA), Valor Agregado territorial (VAT) Custos Intermediários (CI), Custos Intermediários Fora do territórios (CIPT), Pagamento de Terceiros (PT), Renda Agrícola (RA), Renda Agrícola Monetária (RAM), Custos de Produção (CP).	28
Gráfico 2 - Reciprocidade Ecológica do Agroecossistema	30
Gráfico 3 - Partição da PPL por parcela e destino em % de energia bruta (MJ)	48

Índice de Imagens

Figura 1 - Painel com botões da planilha de quantificação e análise de Metabolismo Social Agrário de Agroecossistemas	20
Figura 2 - Propriedade I Sítio Palma	22
Figura 3 - Propriedade II Comunidade de Goiana	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 - Diagrama de Fluxos de Insumos do AE analisado.	25
Figura 5 - Diagrama de Fluxos de Produtos do AE estudado	27
Figura 6 - Diagrama Síntese com análise agregada dos fluxos econômico-ecológicos.	29
Figura 7 - Fluxos de biomassa seca da parcela Quintal calçadão (kg de biomassa seca).	31

Figura 8 - Fluxos de biomassa seca do Roçado (kg de biomassa seca).	33
Figura 9 - Fluxos de biomassa seca do Campo de milho (kg de biomassa seca).	34
Figura 10 - Fluxos de biomassa seca dos Campos de Palma (kg de biomassa seca).	35
Figura 11 - Fluxos de biomassa seca do Pasto Nativo (kg de biomassa seca).	37
Figura 12 - Fluxos de biomassa seca da mata de caatinga (kg de biomassa seca)	38
Figura 13 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de bovinos (kg de biomassa seca).	41
Figura 14 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de caprinos (kg de biomassa seca).	42
Figura 15 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de ovinos (kg de biomassa seca).	43
Figura 16 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de aves (kg de biomassa seca).	45
Figura 17 - Fluxos de biomassa seca associados à criação de suínos (kg de biomassa seca).	46
Figura 18 - Fluxo de energia no agroecossistema (MJ)	50

3. Índice de Quadros

Quadro 1 - Parâmetros de comparação abordagens LUME, Metabolismo Social Agrário e Contabilidade Econômica Convencional para estabelecimentos agrícolas.	10
--	----

IX. Bibliografia

- ALVES, D.A.H. **Avaliação do potencial energético de resíduos de produção agrícola provenientes do beneficiamento da mandioca e do milho**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.
- ARAÚJO FILHO, J. A. - **Manejo pastoril sustentável da caatinga** – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p.: il.
- ALTHOFF, T.D.; MENEZES, R.S.C.; PINTO, A.S.; PAREYN, F.G.C; CARVALHO, A. L.; MARTINS, J.C.R.; DE CARVALHO, E.X.; SILVA, A.S.A.; DUTRA, E. D.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation**. AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT, v. 254, p. 26-34, 2018.
- CARMO, H.F.D.; MADARI, B.E.; WANDER, A.E.; MOREIRA, F.R.B.; GONZAGA, A.C.D.O.; SILVEIRA, P.M.D.; MACHADO, P.L.O.D.A. **Balanco energético e pegada de carbono nos sistemas de produção integrada e convencional de feijão-comum irrigado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51(9), 1069-1077. 2016
- COSTA, T.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALES, M.F.; ACCIOLY, L.J. O.; ALTHOFF, T. D.; PAREYN, F.G. C.; ALBUQUERQUE, E.R.G.M.; MENEZES, R.S.C. **Root and shoot biomasses in the tropical dry forest of semi-arid Northeast Brazil**. Plant and Soil (Print), v. 378, p. 113-123, 2014
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. - **Milho para Silagem**. AGEITEC Agência Embrapa para Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html> Acesso em 20 de agosto de 2021.
- DE MELO, D.; PEREIRA, J. O.; SOUZA, E.G.; FILHO, A.G.; NÓBREGA, L. H.P; NETO, R.P. **Balanco energético do sistema de produção de soja e milho em uma**. Acta Scientiarum. Agronomy, 29(2), 173-178. 2007
- DIONIZIO, A. F.; VALE, A.T.D.; MOREIRA, A.C.O.; GALVÃO, L.G.O.; CHAVES, B.S.A.; COSTA, M.D.A. **Agregação de valor a resíduos agroindustriais para fins energéticos**. Revista de Ciências Agrárias, 42(2), 251-260. 2019.
- DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*)**. Árvore do Conhecimento AGEITEC Agência Embrapa para Informação Tecnológica (2010). Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3n02wx5ok0wtedt3sugbu5b.html Acesso em 20 de agosto de 2021.
- FÁVERO, C.; MONTEIRO, F.T., **Fatores de conversão e estimativa da produtividade primária líquida na aplicação da metodologia do Metabolismo Social Agrário nas condições brasileiras**. In: Metabolismo social e Agrário: em busca de uma agricultura sustentável. Org: Carmen Rejane Flores; Manuel González de Molina Navarro; Valquiria Conti. Santa Maria -RS .2021. No prelo.
- GARRIDO, M.S; Menezes, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B., **Potencial de adubação orgânica com esterco no nordeste do Brasil**. In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO. (Org.). Fertilidade do solo e produção de biomassa no semiárido. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008, v. 1, p. 123-140.

GOMES, R.A.; MEDEIROS, U.; LOPES, K.; SILVA, F.A.P. **Caracterização Físico-Química Dos Queijos De Coalho Mais Consumidos Na Cidade De Currais Novos/RN**. Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CONNEPI. 2012.

GONZÁLEZ DE MOLINA, M; SOTO FERNÁNDEZ, D; GUZMAN CASADO, G. I.; INFANTE AMATE J.; AGUILERA FERNÁNDEZ E.; VILA TRAVER, J; GARCÍA RUIZ R.: **Historia de la Agricultura española desde una perspectiva biofísica, 1900-2010, España**; Serie Estudios 183; Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación, 2019 424p.

GUZMÁN, G.I., AGUILERA, E., SOTO, D., CID, A., INFANTE, J., GARCÍA RUIZ, R., HERRERA, A., VILLA, I., GONZÁLEZ DE MOLINA, M., 2014. Methodology and conversion factors to estimate the net primary productivity historical and contemporary agro-ecosystems (I). Sociedad Española de Historia Agraria-Documentos de Trabajo 1406. www.seha.info. 52 pp.

KIEHL, E.J. - **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres LTDA. 1985

MENEZES R.S.C.; TIESSEN H.; SILVEIRA L.M.; ANDRADE L.; SAMPAIO E.V.S.B.; SALCEDO I.H.; SABOURIN E.; OLIVEIRA. I.P.; SARMENTO C., **Balances de nutrientes em unidades de produção agrícola familiar no agreste paraibano: avaliação e resultados preliminares**. In: Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: avanços a partir do agreste de Paraíba. Silveira Luciano (ed.), Petersen Paulo (ed.), Sabourin Eric (ed.). Rio de Janeiro: AS-PTA, pp. 235-247. ISBN 85-87116-11-8. 2002

MATIAS, P.C, **Eficiência energética com enfoque agroecológico em agroecossistemas do semiárido brasileiro**; Dissertação (Mestrado em Mestrado Acadêmico em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; Orientador: Guillermo Gamarra Rojas; 2017.

MATIAS, P.C.; GAMARRA-ROJAS, G.; BLUM, J.; MATTOS, J.L.S.; **fatores de conversão para estudos de eficiência energética agroecológica no semiárido brasileiro** In: Metabolismo social e Agrário: em busca de uma agricultura sustentável. Org: Carmen Rejane Flores; Manuel González de Molina Navarro; Valquíria Conti. Santa Maria -RS .2021. No prelo.

MENEZES R.S.C.; SALES, A.T.; PRIMO D.C.; ALBUQUERQUE, E.R.G.M.; JESUS, K.N.; PAREYN, F.G. C.; SANTANA, M.S.; SANTOS, U. J.; MARTINS, J.C.R.; ALTHOFF, T.D.; NASCIMENTO, D.M.; GOUVEIA R.F.; ARAÚJO FILHO M.; FERNANDES M.; LOUREIRO, D.C.; COELHO, J.; GIONGO, V.; PEREIRA D.G.; ALVES, B. J. R.; MELLO I, W. M. P. L; ANDRADE, E.M.; PINTO, A.S.; SAMPAIO E. V.B. **Soil and vegetative carbon stocks after Lando-use changes in a seasonally dry tropical forest**. *Geoderma* Volume 390, 114943, 15 May 2021.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil** – conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife, PE: Ed. Universitária, UFPE, 258p. 2005b.

OLIVEIRA, I.P., **Balanco de nutrientes em unidades de produção agrícola familiar no curimataú e agreste da Paraíba** – Areia – PB: CCA/UFPB, 2003.

- Peinetti, H.R.; Menezes, R.S.C.; Tiessen, H.; Marin, A.M.P. **Simulating plant productivity under different organic fertilization practices in a maize/native pasture rotation system in semi-arid NE Brazil**. Computers and Electronics in Agriculture, v.62, p.204-222, 2008.
- PÉREZ-MARIN, A.M.; MENEZES, R.S.C; SALCEDO, I. H. **Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia e adubado com duas fontes orgânicas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, p. 669-677, 2007.
- PETERSEN, P.; SILVEIRA, L.M.; FERNANDES, G.B.; ALMEIDA, S.G. **Método de Análise econômico-ecológica de agroecossistemas**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. 245p.
- PETERSEN, P.; SILVEIRA, L.M.; FERNANDES, G.B.; ALMEIDA, S.G., **LUME: método de análise econômico-ecológica de agroecossistemas** 1. ed. -- Rio de Janeiro: AS.PTA - Agricultura Familiar e Agroecologia, 2021. PDF
- POLANYI, KARL. **A subsistência do homem e ensaios correlatos**. Rio de Janeiro, Contraponto, 2012. 382 pp.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; FREITAS, A.D.S., **Produção de biomassa na vegetação nativa do semiárido nordestino** In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO. (Org.). Fertilidade do solo e produção de biomassa no semiárido. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008, v. 1, p. 11-25.
- SANTOS, A.F.; MENEZES, R.S.C.; FRAGA, V.S.; PÉREZ-MARIN. A.M. **Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.12, p.1267–1272, 2010 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG
- SANTOS, R.C.D.; CARNEIRO, A.D.C.O.; PIMENTA, A.S.; CASTRO, R.V.O.; MARINHO, I.V.; TRUGILHO, P.F.; CASTRO, A.F.N.M. **Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte**. Ciência Florestal, 23(2), 491-502. 2013.
- SANTOS, T.N.; DUTRA, E.D.; PRADO, A.G.; LEITE, F.C.B.; SOUZA, R.F.R.; SANTOS, D.C.; MENEZES, R.S.C. **Potential for biofuels from the biomass of prickly pear cladodes: Challenges for bioethanol and biogas production in dry areas**. Biomass and Bioenergy, 85, 215-222. doi: 10.1016/j.biombioe.2015.12.005. 2016.
- SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural: **Silagem de milho e sorgo: produção, ensilagem e utilização** - Brasília: SENAR.112 p. (Coleção SENAR; 154), 2011.
- SILVA, E.D., **Potencial de três fontes orgânicas na produtividade do milho em um neossolo regolítico em agroecossistemas familiares**, Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo - Universidade Federal da Paraíba Orientador: Dr. Aldrin Martin Perez Marin. Ano de Obtenção: 2014
- SILVA, E. P.; RABELLO, C. B. V.; LIMA, M. B.; LOUREIRO, R.R.S.; GUIMARÃES, A.A.S.; DUTRA JUNIOR, W.M. **Valores Energéticos De**

Ingredientes Convencionais Para Aves De Postura Comercial. Ciência Animal Brasileira (UFG), v. 10, p. 101-110, 2009.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E.V.S.B; SALCEDO, I.H.; SILVEIRA, L. M. **Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalaria juncea:** I - produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n.1, p. 39-49, 2007.

SOUSA, J. T.; RAMOS, J.P.F.; MACEDO, A.J.S.; VIANA, J.A.; CARTAXO, F.Q.; OLIVEIRA, F.G. **Crescimento e produtividade de genótipos de palma forrageira no Semiárido Paraibano.** TECNOLOGIA & CIÊNCIA AGROPECUÁRIA, v. 12, p. 37, 2018.

TACO: **TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS** / NEPA – UNICAMP. - 4. ed. revisada e ampliada -- Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. 161 p.

TOLEDO, V.M., **El metabolismo social: una nueva teoría socio-ecológica.** Relaciones 136, pp. 41-71. 2013.