

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA SINTRÓPICA NA
RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS E NA FUNÇÃO
ECOLÓGICA DO MEIO AMBIENTE**

Iasmin Azevedo Rosas

**ANÁPOLIS-GO
2019**

IASMIN AZEVEDO ROSAS

**AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA SINTRÓPICA NA
RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS E NA FUNÇÃO
ECOLÓGICA DO MEIO AMBIENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Agricultura Orgânica
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Yanuzi Mara Vargas Camilo.

**ANÁPOLIS-GO
2019**

Rosas, Iasmin Azevedo

Avaliação do uso da agricultura Sintrópica na recuperação de solos degradados e na função ecológica do meio ambiente/Iasmin Azevedo Rosas. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

35p.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Yanuzi Mara Vargas Camilo

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

1. Sistemas Agroflorestais. 2. Agricultura moderna. 3. Compactação do solo. I. Iasmin Azevedo Rosas. II. Avaliação do uso da agricultura Sintrópica na recuperação de solos degradados e na função ecológica do meio ambiente.

CDU 504

IASMIN AZEVEDO ROSAS

**AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA SINTRÓPICA NA
RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS E NA FUNÇÃO
ECOLÓGICA DO MEIO AMBIENTE**

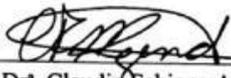
Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA, para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.
Área de concentração: Agricultura
Orgânica

Aprovada em: 09/12/2019

Banca examinadora


Prof. Dr. Yanuzi Mara Vargas Camilo
UniEvangélica
Presidente


Prof. Me. Lucas Marquezan Nascimento
UniEvangélica


Prof. Dr. Claudia Fabiana Alves Rezende
UniEvangélica

Dedico esse trabalho a primeiramente a Deus, que me abençoa diariamente me proporcionando discernimento, paciência e perseverança em meus objetivos. Dedico também aos meus pais que tanto fizeram e fazem por mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar essa oportunidade e por me guiar sempre para o caminho certo. Sou eternamente grata por todas as oportunidades a mim proporcionadas e abençoadas para o meu crescimento pessoal.

Agradeço aos meus pais, Walnyr Vinicius e Ana Maria, sem eles nada disso seria possível. Todo gratidão do mundo por me dar asas para trilhar meu próprio caminho e estar sempre ao meu lado me dando todo o apoio e colo necessário. Agradeço por todo esforço e dedicação para que esse sonho se tornasse realidade, pela educação me proporcionada e pelo exemplo de seres humanos incríveis que sempre tive dentro de casa. Há vocês eu dedico esse trabalho. Amo vocês!

Minhas irmãs, Izabella e Izadora, por todo companheirismo, amizade e compreensão durante esses cinco longos anos.

Minha professora orientadora Yanuzi Mara Vargas Camilo por todo o suporte e paciência no tão pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todos os professores da instituição, por todo o aprendizado a mim proporcionado, por toda paciência e dedicação para nos proporcionar o seu melhor. O meu muito obrigada!

Meus avós que mesmo distantes torciam e rezavam para que eu alcançasse todos os meus objetivos.

Meus sobrinhos por me tirarem da tristeza e do desânimo muitas vezes alcançados durante fases difíceis da graduação e o desafio de morar sozinha.

A minha família do coração, Reila, Alexandre, Julia e Pedro Henrique, por acreditarem em mim e querer sempre o meu crescimento, me ajudando sempre com o que é possível.

A minha prima Rafaela, por ser sempre a minha pessoa no mundo, me escutando e me ajudando diariamente. Que mesmo distante se faz presente me ajudando a crescer e enfrentar os desafios da vida.

Aos meus tios, Gilmara e Jandir, por toda disponibilidade oferecida a mim a ter o trabalho de andar 400 km todo semestre para assinarem meus documentos, a vocês o meu muito obrigada.

As amigas Adrielle e Débora, amigas da época da escola, que me apoiam sempre a seguir meus sonhos, e por me proporcionarem momentos de descontração em momentos áridos.

Aos amigos que a faculdade me possibilitou realizar, que seguiram comigo sempre lado a lado me proporcionando momentos que jamais esquecerei e que sentirei muita falta. Durante esses cinco anos foram minha família em Anápolis, sendo sempre meu refúgio em todos os momentos. Amo vocês.

Uma amiga em especial, Gabriella, agradeço por toda cumplicidade e companheirismo durante todos esses anos que por muitas vezes foi turbulento e pude sempre contar com sua amizade.

Também sou muito grata a Karolyne, por todos esses anos de convívio e aprendizado, tudo que vivemos no 402 irá ficar marcado no meu coração para sempre.

Ao meu amigo mais que especial, Júlio, minha gratidão eterna por todos os momentos, todas as demonstrações de carinho e por toda a proteção que sempre teve por mim.

O meu agradecimento a todos que direto ou indiretamente fizeram com que conseguisse realizar esse sonho, a todos vocês o meu muitíssimo obrigado. A vocês dedico esse trabalho.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.
Simone de Beauvoir

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE TABELAS | viii |
| RESUMO | ix |
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1. AVANÇO DA AGRICULTURA E O IMPACTO AMBIENTAL | 12 |
| 2.2. AGROFLORESTA E AGRICULTURA SINTRÓPICA | 14 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 3.1. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 17 |
| 3.2. AVALIAÇÃO DAS ÁREAS E DAS PRÁTICAS DE MANEJO | 17 |
| 3.3. CLASSIFICAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO..... | 20 |
| 3.4. INDICADORES DE FUNÇÕES ECOLÓGICAS..... | 20 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 4.1. AVALIAÇÕES DAS ÁREAS E DAS PRÁTICAS DE MANEJO..... | 23 |
| 4.2. AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO | 25 |
| 4.3. INDICADORES DE FUNÇÕES ECOLÓGICAS..... | 29 |
| 5. CONCLUSÃO | 32 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - Avaliação realizada da área implantada a agricultura Sintrópica na fazenda Flor&Ser, localizada no município de Pirenópolis-GO. | 18 |
| TABELA 2 - Critérios técnicos utilizados para a avaliação das áreas de agricultura Sintrópica na fazenda Flor&Ser localizada no município de Pirenópolis-GO | 19 |
| TABELA 3 - Indicadores de função ecológica empregados para avaliação das três áreas de estudo da fazenda Flor&Ser localizada no município de Pirenópolis-GO, baseado em Fonseca (2011). | 21 |
| TABELA 4 - Resultados dos critérios técnicos avaliados nas áreas de agroflorestal no Sítio Flor & Ser, Pirenópolis, GO. 2019 | 23 |
| TABELA 5 - Teor de argila, silte e areia dos solos coletados nas áreas de análise, Sítio Flor & Ser, Pirenópolis, GO, 2019 | 26 |
| TABELA 6 - Teste de médias referente às características físico químicas do solo de três áreas agrícolas localizadas no Sítio Flor & Ser, em Pirenópolis, Goiás, 2019. | 26 |
| TABELA 7 - Teste de médias referente aos atributos de função ecológica de três áreas agrícolas localizadas em Pirenópolis - Goiás..... | 29 |

RESUMO

O sistema da agricultura sintrópica é um novo modelo de sistema agroflorestal que constitui em uma alternativa de produção agropecuária que minimiza o efeito da intervenção humana no meio ambiente, recuperando o solo ao invés de explorá-lo. Imitando o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, eleva-se a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções, podendo ser utilizado de forma benéfica para recuperar áreas já degradadas pela agricultura intensiva. Assim, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização da agricultura sintrópica para a recuperação de áreas degradadas e na função ecológica do meio ambiente, exauridos pela produção agrícola da monocultura. Com esse intuito foi realizado processo de seleção de uma área que utiliza esse sistema de agricultura sintrópica, analisado fatores primordiais, realizou-se a classificação textural do solo, e foi analisado também os indicadores de funções ecológicas. Com todas essas atividades realizadas, visando analisar os reais beneficiamentos do sistema de agricultura sintrópica na utilização como meio de recuperação de áreas degradadas. De acordo com todas as práticas realizadas foi constatado a eficiência desse sistema de agroflorestal na utilização para recuperação de áreas degradadas, repondo nutrientes essenciais, dando um fim na compactação do solo e melhorando a aeração daquele solo. As funções ecológicas tem um ganho significativo, tendo um ganho significativo de matéria orgânica.

Palavras-chave: Sistemas Agroflorestais, Agricultura moderna, Compactação do solo

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento populacional indomável, fez com que o homem andasse a explorar os recursos naturais de forma inapropriada, favorecendo o acontecimento de grandes desastres naturais. O solo é um dos recursos naturais de maior prestígio para a vida do homem, detém várias funções, sendo importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais e primordial na produção de alimentos. A degradação ambiental faz parte do método progressiva do homem, conforme a população cresce, ocorre um maior aproveitamento dos recursos naturais, muitas vezes levando-os a exaustão (PEREIRA et al. citado por SILVA et al., 2017).

Compreende-se recuperação de área deteriorada como um conjunto de técnicas mitigatórias em abundantes áreas: solo, água, ar, fauna e flora, alcançando o equilíbrio de um sistema ecológico, de tal maneira que recobre sua aptidão natural, visando se tornar produtivo e sustentável ao longo do tempo. A recuperação de área degradada é, em outras palavras, a própria recuperação da qualidade do solo, caracterizada pelas ações necessárias e suficientes para que os seus atributos apresentem padrões semelhantes ou superiores aos de sua condição original (LIMA FILHO et al. citado por SILVA et al., 2017).

Os sistemas agroflorestais integram uma alternativa de produção agropecuária que reduz o efeito do intermédio humano. Reproduzir o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, aumenta-se a diversidade do ecossistema e são adotadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (SANCHEZ et al. citado por CARVALHO et al., 2004).

O emprego de sistemas agroflorestais tem sido, nas últimas décadas, bastante expandido como alternativa para regeneração de áreas degradadas, assumindo à combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e, ou, animais a melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados, bem como na atividade de microrganismos, observando a alternativa de um grande número de fontes de matéria orgânica (REINERT et al. citado por ARATO et al., 2003).

Segundo Oliveira (2012), há pelo menos três aspectos negativos em relação ao uso do sistema agroflorestal que precisam ser considerados. O primeiro diz respeito ao conhecimento técnico sobre melhores combinações para cada região. Pesquisadores indicam que não há receita pronta para o sistema agroflorestal, desta forma, técnicos, produtores e pesquisadores precisam trocar conhecimentos e testar modelos que possam melhorar a utilização e gestão dos recursos naturais, assegurando a conservação do meio ambiente, rentabilidade e ganhos sociais. O segundo aspecto é sobre esse projeto ser incomum, causando desconfiança nos agricultores,

o que torna mais difícil a adoção deste sistema. E também devido a interação de várias espécies na mesma área faz com que o manejo seja mais complexo, requerendo mais conhecimento e habilidades científicas (LAUDARES et al., 2017).

Apesar de todas essas desvantagens, autores como Sinclair (1993) acreditam que as vantagens superam as desvantagens citadas, sendo melhor usar sistemas agroflorestais em vez de monocultura. Embora o sistema agroflorestal não cumpra com todo o ambiente, o seu foco é trazer a vegetação natural. A ideia de ocupação desta forma de agricultura de baixo impacto em áreas consolidadas traz ganhos significativos para o ambiente, quando comparado com monoculturas, seja na conservação do solo, proteção contra a erosão, aumento taxa de infiltração de água e garantir a sustentabilidade da produção de propriedade (LAUDARES et al., 2017).

A Agricultura Sintrópica (AS) é uma visão que engloba uma forma de agricultura, denominado agrofloresta sucessional, que pressupõe a reabilitação pelo uso agrícola da área, contradizendo a lógica da agricultura industrial que exaure os recursos do solo que utiliza. É ponderado uma agricultura de processos e não de insumos. Compreendendo conceitos e metodologias ecológicas como, conservação do solo, sucessão e funções ecológicas, mutação de energia eletromagnética em biomassa com o adensamento e estratificação da área plantada, supõe-se a inutilidade do aporte de insumos externos. Seria a ideia de trabalhar a favor da natureza, não contra ela (GOTSCH et al. citado por BALEEIRO, 2018).

Agricultura sintrópica baseia-se sobre os fundamentos do desenvolvimento sustentável. Isso significa que ele deve responder as necessidades das gerações presentes sem envolver o desenvolvimento das gerações futuras, assegurando igualdade de oportunidades para o progresso, sendo uma forma de contemplação sobre o futuro das explorações agrícolas. Ernst Götsch criou uma forma de agricultura muitas vezes simples e de bom senso, humana, fincada no chão, absorto de insumos e meios de produção orgânicos (DIAS et al., 2017).

Nos últimos anos, a apreensão com a qualidade do solo tem desenvolvido, na medida em que seu uso e mobilização abundante pode resultar na diminuição de sua aptidão em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004). Devido a isso, a realização deste trabalho visou verificar a viabilidade da utilização da agricultura sintrópica na finalidade da recuperação de solos degradados e na função ecológica do meio ambiente, exauridos pela produção agrícola da monocultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. AVANÇO DA AGRICULTURA E O IMPACTO AMBIENTAL

O início da agricultura está ligado a uma série de transformações no conceito de produzir. A agricultura passou por várias revoluções agrícolas, que visavam diminuir as restrições do meio ambiente e necessidade de trabalho (Assis e Romeiro, 2002). A agricultura moderna, a partir dos anos 50, priorizou um modelo tecnológico com base no uso intensivo da mecanização, adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos, denominado de revolução verde (KAMIYAMA et al., 2011), período no qual, a agricultura se desenvolveu expressivamente causando, via de regra, impactos ao meio ambiente (BARBOZA et al. citado por ROSSET et al., 2014).

Conceitualmente, a Revolução Verde é considerada como a difusão de tecnologias agrícolas que permitiram um aumento considerável na produção, sobretudo em países menos desenvolvidos, que ocorreu principalmente entre 1960 e 1970, a partir da modernização das técnicas utilizadas. Embora tenha surgido com a promessa de acabar com a fome mundial, não se pode negar que essa revolução trouxe inúmeros impactos sociais e ambientais negativos (EMBRAPA et al. citado por OCTAVIANO, 2010).

Além de não ter resolvido os problemas nutricionais e da fome, a Revolução Verde também é reconhecida por aumentar a concentração fundiária e a dependência de sementes, alterando a cultura dos pequenos proprietários que encontraram dificuldades para se inserir nos novos moldes. A concentração da posse da terra e o decorrente êxodo rural causaram um inchaço das cidades, levando a uma favelização nunca vista. Houve uma transferência do lucro decorrente da atividade agrícola para a agroindústria, deixando o produtor rural com uma estreita margem, levando ao seu endividamento (OCTAVIANO, 2010).

A abertura dessa nova fronteira agrícola foi executada pela grande empresa com o apoio do Estado. Nesse sentido, é o processo de modernização da agricultura que vai organizar a produção do espaço nessas novas fronteiras por intermédio da união entre indústria e agricultura. E essa fusão acarretou profundas transformações acerca da estrutura agrária nacional (Andrades e Ganimi, 2007).

Uma delas está no âmbito da escolha do produto a ser cultivado, dando preferência às monoculturas do tipo exportação, como: soja, milho, algodão, arroz. Logo depois, a cana-de-açúcar também teve expansão no seu cultivo devido aos incentivos do Proálcool (Andrades e Ganimi, 2007).

Oriundas dos movimentos ecológicos e afins, as críticas ambientalistas centralizam-se na crítica à produção industrial. No espaço rural, esta produção industrial adquiriu a forma dos pacotes tecnológicos da Revolução Verde e, no Brasil, assumiu, marcadamente nos anos 60 e 70, a prioridade do subsídio de créditos agrícolas para estimular a grande produção agrícola, as esferas agroindustriais, as empresas de maquinários e de insumos industriais para uso agrícola, como tratores, herbicidas e fertilizantes químicos, a agricultura de exportação, a produção de processados para a exportação e a diferenciação do consumo como de queijos e iogurtes (MOREIRA, 2000).

O tradicional uso agrícola dos solos, embora com ampla variação de sistemas de manejo, tem sido genericamente denominado como sistema convencional. O revolvimento contínuo e intenso no preparo, a falta de cobertura do solo e a não-observância da capacidade de uso das terras podem resultar em diminuição da qualidade do solo, entendida, resumidamente, como sua capacidade de manter uma produção de modo sustentável (COSTA et al. citado por KAMIYAMA et al., 2011).

As atividades agrícolas provocam impactos sobre o ambiente, tais como desmatamentos e expansão da fronteira agrícola, queimadas em pastagens e florestas, poluição por dejetos animais e agrotóxicos, erosão e degradação de solos e contaminação das águas. E as consequências desses impactos seriam extinções de espécies e populações, diminuição da diversidade biológica, perda de variedades (FIRMINO et al., 2001).

Os impactos ambientais das atividades agropecuárias são consequências diretas do desmatamento e da necessidade de conter a sucessão natural com o objetivo de maximizar a produção líquida. A característica predatória da agricultura, entretanto, está frequentemente associada com a dependência de insumos externos e operações mecanizadas para garantir o excesso de fatores de crescimento e a proteção absoluta a grandes áreas cultivadas com organismos geneticamente homogêneos (RODRIGUES et al., 2002).

Um dos grandes responsáveis pela degradação ambiental é o uso intensivo do solo, provocando, segundo Gliessman (2005), a degradação da matéria orgânica e compactando-o por meio de maquinário pesado. Outro responsável pela degradação, o uso de agrotóxicos que além de poluir o ambiente, esse implemento agrícola pode causar sérios efeitos na saúde do ser humano que tiver contato com esse tipo de produto (RIGOTTO et al. citado por Pinto e Coronel, 2013).

O uso de fertilizantes é outro ponto abordado que impacta o meio ambiente e, apesar de proporcionar fertilização em curto prazo para as lavouras, o seu uso intensivo e inadequado

provoca o comprometimento da fertilização em longo prazo bem como, os agrotóxicos, impactos na saúde humana. A irrigação é outro item que agrava a degradação, pois pode promover sérios danos à hidrografia, além de promover a lixiviação de fertilizantes, poluindo lagos e rios e ocasionando a erosão de solos. Por fim, outro impacto da degradação advindo da agropecuária é a manipulação de genomas das plantas. Essas modificações visam deixar as plantas geneticamente mais produtivas, entretanto são extremamente dependentes do uso de agrotóxicos e fertilizantes, que devem ser usados de maneira intensiva e que, conseqüentemente, causam os impactos (GLIESSMAN et al. citado por Pinto e Coronel, 2013).

Visando minimizar os impactos sociais, econômicos e, principalmente, os ambientais ocasionados pela revolução verde, surge a agroecologia, se contrapondo ao sistema convencional e enfocando a agricultura sob uma perspectiva ecológica (LIMA e Carmo, 2006). A partir deste ponto, a pesquisa em agroecologia passou a diagnosticar e propor alternativas de manejo buscando a redução no uso de insumos químicos e práticas agrícolas intensivas nos agroecossistemas produtivos (ROSSET et al., 2014).

Assim, a agroecologia pode ser definida como uma ciência que visa estabelecer bases teóricas para os diferentes movimentos de agricultura alternativa. Busca entender o funcionamento de agroecossistemas complexos e as diferentes interações presentes nestes, tendo como princípio a conservação e a ampliação da biodiversidade como base para o desenvolvimento sustentável. Esse sistema propõe alternativas que visam minimizar a artificialização do ambiente natural onde são desenvolvidas as atividades agrícolas, apresentando uma série de princípios e metodologias que buscam estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar estes agroecossistemas (ASSIS et al. citado por ROSSET et al., 2014).

2.2. AGROFLORESTA E AGRICULTURA SINTRÓPICA

Na tentativa de minimizar os efeitos da degradação, melhorar as condições de vida das pessoas no meio rural por intermédio da oportunidade de se preservar o meio e produzir alimentos, são elaborados diversos planos de recuperação de ecossistemas. Inserido neste contexto são adotados cada vez mais os modelos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas com sistemas agroflorestais (SAF's), denominadas por Peneireiro (2003) como florestas de alimento ou de produção (MACHADO, 2012)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) implantados e conduzidos sob os princípios da agroecologia, além de serem produtivos, podem recuperar áreas degradadas devido às

melhorias que promovem nas condições do solo e pelas interações positivas entre seus componentes (FRANCO, 2000; MENDONÇA et al., 2001; ALTIERI, 2002; CARDOSO et al., 2002). A recuperação de áreas degradadas através de SAFs, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies. De acordo com Gotsch citado por Peneireiro (1999), para que isso ocorra é fundamental a compreensão do funcionamento do ecossistema original e a replicação dos processos que ocorrem naturalmente. As espécies de interesse devem ser inseridas no sistema dentro da lógica sucessional, baseando-se na origem evolutiva de cada espécie. Na sucessão natural, cada consórcio de espécies cria as condições para uma nova e diferente composição, ou seja, cada consórcio é determinado pelo anterior e determina o seguinte (SILVA et al. citado por FÁVERO et al., 2008).

Em locais com limitações ambientais à sucessão de espécies, a regeneração natural pode ser potencializada através do plantio de espécies facilitadoras. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração da fauna, o crescimento rápido e a grande deposição de serapilheira são características desejáveis para essas espécies (CHADA et al. citado por FÁVERO et al., 2008).

Desta forma, os SAF's se constituem um modelo viável de uso da terra que permite aumentar a produção, por meio da integração de florestas com culturas agrícolas, desde que aplicadas práticas de manejo compatíveis com os padrões culturais da população local (MACEDO, 2000). Portanto, a utilização de sistemas agroflorestais surge como alternativa de geração de renda para o agricultor familiar com diversos fatores favoráveis a sua implantação além de apresentarem grande potencial de recuperação de áreas degradadas (RODIGHERI et al. citado por MACHADO, 2012).

Já a agricultura sintrópica, trata-se de um policultivo integrado e sistêmico, que visa aumentar a produtividade e eficácia da produção, uma importante opção à monocultura que pode empobrecer o solo e logo os recursos hídricos. Diferente do cultivo em monocultura, esse formato de cultivo visa incrementar a biodiversidade e potencializar o desenvolvimento das espécies através de consórcios inteligentes, complexos e estratégicos, incorporando conceitos ecológicos ao manejo de agroecossistemas para aumentar a qualidade dos solos. Além da regulação do microclima, o favorecimento do ciclo da água e a recuperação os recursos, ao invés de explorá-los. Nesse modelo, o plantio é orientado pela sucessão natural e pela estratificação das espécies, respeitando a função ecofisiológica de cada componente (GOTSCH et al. citado por DUARTE et al., 2018).

O termo sintropia, é utilizado para destacar todos os procedimentos que envolvem reabilitação do solo, trabalhando a favor da natureza e não contra ela, associando produção agrícola com florestais, recuperando o solo ao invés de explorá-los. A agricultura sintrópica é extremamente funcional, na qual intercala as produções, utilizando métodos econômicos para a fortificação do solo, tais como matéria orgânica natural. O bom deste sistema é a diversidade de produção e o melhor aproveitamento das áreas. No Brasil, este tema vem ganhando força pela praticidade e diversidade que traz para o produtor, pois é um sistema no qual não se usa agrotóxico e após a colheita o produtor consegue um solo mais rico, melhorando a qualidade dos produtos gerados na Fazenda. Em outras palavras, é o uso da terra de forma harmônica com o ambiente, conservando solo, água e biodiversidade (SANTOS, 2017).

O procedimento da agricultura sintrópica inibe o uso de produtos químicos sintéticos, como os pesticidas, com todos os efeitos positivos que isso implica para o meio ambiente e a saúde do consumidor. As práticas específicas para a agricultura sintrópica permitem evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e usam fertilizantes orgânicos em quantidades limitadas para fertilizar seus solos, uma contribuição importante para manter e melhorar as práticas agrícolas e qualidade da água (DIAS et al., 2017).

No Brasil, este tema vem ganhando força pela praticidade e diversidade que traz para o produtor, pois é um sistema no qual não se usa agrotóxico e após a colheita o produtor consegue um solo mais rico, melhorando a qualidade dos produtos gerados na fazenda. Um dos segredos para um melhor rendimento é a cobertura do solo, na qual é feita com materiais orgânicos criando um ambiente parecido com o das florestas favorecendo o desempenho das plantas que ali estiverem (SANTOS, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram conduzidos no município de Pirenópolis, localizado no Estado de Goiás. O clima do município estudado é classificado como Aw de acordo com Köppen e Geiger, Tropical sub-úmido com duas estações bem definidas: a estação das chuvas, que vai de outubro a março, e a da seca, que vai de abril a setembro. Situada na região leste do estado à 120km da capital Goiânia, comporta 24.111 habitantes espalhados por 2.227,793km² segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Foi realizado o estudo na fazenda Flor & Ser, propriedade essa que possui áreas de agricultura sintrópica implantadas em épocas distintas, desde o ano de 2012, com diferentes níveis de sucessão ecológica. A propriedade possui uma área de quarenta hectares que está sob sistema de sintropia. As visitas foram realizadas nos meses de março e abril do ano de 2019, e foram avaliadas três áreas distintas dentro da propriedade, uma implantada no ano de 2012, outra implantada em 2017 e por último uma área degradada, onde o solo estava coberto por brachiaria (*Urochloa decumbens*) e era uma área de pousio, onde havia a presença de solo compactado. Assim, foi possível comparar as características físicas e químicas dos solos das três áreas, bem como a função ecológica do sistema agroflorestal.

O objetivo principal da implantação da agricultura sintrópica nessas áreas foi a recuperação de solos degradados visando a produção agrícola orgânica para o comércio, gerando alimentos mais saudáveis sem a degradação do meio ambiente. Após algum tempo do sistema de sintropia em andamento o produtor analisou todo o processo da comercialização desses alimentos e concluiu a não viabilidade devido a dificuldades no processo de transporte até os pontos de comercialização mais próximos da propriedade, destinando as áreas de produção somente para abastecimento do próprio consumo e para a recuperação das áreas degradadas, cancelando a comercialização das cultivares.

Os alimentos produzidos sob áreas sintrópicas são mandioca, couve, chuchu, cenoura, pepino, rúcula dentre outras, onde também era comercializada banana desidratada, processada na propriedade, com uma média de 80 kg⁻¹ por semana.

3.2. AVALIAÇÃO DAS ÁREAS E DAS PRÁTICAS DE MANEJO

Uma avaliação das áreas foi realizada, onde avaliou-se o histórico da propriedade. Procurou-se identificar os interesses do produtor ao escolher esse método de implantação, as técnicas de manejo realizadas periodicamente, a distribuição de sementes e a escolha das cultivares, presença de plantas espontâneas, o comércio de algumas espécies cultivadas e os efeitos positivos ao longo dos anos. Buscou-se uma avaliação dos resultados da agrofloresta. Os parâmetros avaliados estão exemplificados na tabela 1.

Com respeito as práticas de manejo, procurou-se identificar a realização de sete práticas: utilização de herbicidas, manejo de adubação verde, roçada, capina, poda de árvores, adubação e irrigação. Para cada item foi identificado se realizou-se ou não a prática pelo menos uma vez durante o desenvolvimento da agrofloresta.

TABELA 1 -Avaliação realizada da área implantada a agricultura Sintrópica na fazenda Flor&Ser, localizada no município de Pirenópolis-GO.

| | Avaliação |
|----------------|--|
| 1 | Local |
| 2 | Tamanho da propriedade e da área florestada |
| 3 | Quantas áreas e a data da época de implantação florestal |
| Para cada área | Quais as espécies |
| Para cada área | Distribuição de sementes e mudas |
| Para cada área | Condição do solo |
| Para cada área | Densidade das plantas |
| Para cada área | Finalidade |
| Para cada área | Plantas espontâneas (controle) |
| Para cada área | Germinação e sobrevivência |
| Para cada área | Utilização de herbicidas |
| Para cada área | Adubação verde |
| Para cada área | Roçada |
| Para cada área | Capina |
| Para cada área | Adubação |
| Para cada área | Irrigação |

Foi realizada uma avaliação técnica de cada área, baseando-se em condição de solo, analisou-se a verificação da classe textural das áreas estudadas através da coleta de amostras de solo que foram encaminhadas para um laboratório específico para realização da análise do solo, e existência de compactação, onde foi avaliado e caracterizado com fatores visuais, como a formação de crosta superficial, empoçamento de água e erosão excessiva pela água. Distribuição de sementes foi outro item verificado, quais culturas e como eram distribuídas no sistema, densidade de plantas, quantidade de plantas que desenvolveram e como estavam implantadas na área, presença danosa de plantas espontâneas e, finalmente, a sobrevivência e germinação de novas plantas, conforme a tabela 2, seguindo metodologia de Olival et al. (2013). Os dados foram analisados utilizando a estatística descritiva.

TABELA 2 - Critérios técnicos utilizados para a avaliação das áreas de agricultura Sintrópica na fazenda Flor&Ser localizada no município de Pirenópolis-GO

| Indicador | Critérios para avaliação |
|----------------------------|---|
| Condição do solo | 0 = Área com solo compactado, necessitando de intervenção drástica. |
| | 1 = Área com solo compactado, necessitando alguma intervenção. |
| | 2 = Área sem compactação. |
| Densidade de plantas | 0 = Plantas ocupando menos de 50% da área. |
| | 1 = Plantas ocupando de 50% a 75% da área. |
| | 2 = Plantas ocupando de 75% a 100% da área. |
| Plantas espontâneas | 0 = Plantas ocupando a área e a interferindo negativamente. |
| | 1 = Plantas ocupando a área, porém, sem interferir. |
| | 2 = Ausência de plantas espontâneas na área de plantio. |
| Sobrevivência das espécies | 0 = Baixa germinação (menos de 5 espécies na área). |
| | 1 = Média germinação (de 6 a 15 espécies na área). |
| | 2 = Alta germinação (mais de 15 espécies na área). |

FONTE: OLIVAL et al., 2013.

3.3. CLASSIFICAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Com a finalidade de caracterização realizou-se a coleta do solo para a caracterização física e química. As coletas foram realizadas com um trado holandês em duas profundidades, 0-20 cm e 20-40 cm, em seis pontos diferentes dentro da mesma área. Com uma amostra composta, formada pela mistura das amostras simples (sub-amostras) encaminhou-se para o laboratório específico onde as análises químicas e granulométricas foram realizadas conforme metodologia proposta por DONAGEMA et al., 2011. Com um trado holandês, realizou-se a coleta de amostras de solos

Coletou-se também amostras indeformadas de solo pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) nas profundidades de 0 a 5,0, 5,0 a 10,0, 10,0 a 15,0 e 15,0 a 20,0 cm, em quatro pontos distintos escolhidos ao acaso em cada área. As amostras foram levadas ao laboratório do centro tecnológico do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA – onde foram pesadas em balança de precisão para a obtenção de massa úmida e, após 24 horas em estufa a 100°C foram pesadas para obtenção da massa seca. Foram estimados a densidade real, densidade aparente e porosidade, utilizando o método descrito por Blake;Hartge, 1986 e Donagema, 2011.

Para cada área estudada foram feitas quatro repetições da coleta de amostras indeformadas nas diferentes profundidades. Os dados foram submetidos a análise da variância, e as médias foram comparadas entre si, pelo teste de tukey, a nível de 5% de probabilidade.

3.4. INDICADORES DE FUNÇÕES ECOLÓGICAS

Os indicadores de funções ecológicas, baseado na proposta do SER (2004), foram estabelecidos para analisar o funcionamento das áreas, sua capacidade de se autosustentar e sua resiliência. Foram analisados as funções relativas à proteção do solo (cobertura morta e cobertura da serrapilheira), aporte de biomassa (altura da serapilheira) e, competição interespecífica (cobertura de copa, de gramíneas, de herbáceas e luminosidade) (Tabela 3) (MACHADO, 2012).

TABELA 3 - Indicadores de função ecológica empregados para avaliação das três áreas de estudo da fazenda Flor&Ser localizada no município de Pirenópolis-GO, baseado em Fonseca (2011).

| Funções Ecológica | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|--------|
| Atributos | Parâmetros | Critérios | | |
| Cobertura e proteção do solo | Cobertura Morta | 1 = Pouco | (25%) | |
| | | 2 = Alguma | (50%) | |
| | | 3 = Presente | (75%) | |
| | | 4 = Recoberto | (100%) | |
| Cobertura da serapilheira | Cobertura da serapilheira | 1 = Pouco | (25%) | |
| | | 2 = Alguma | (50%) | |
| | | 3 = Presente | (75%) | |
| | | 4 = Recoberto | (100%) | |
| Aporte de biomassa | Altura da serapilheira | 1 = Ruim | (1 cm) | |
| | | 2 = Regular | (2 cm) | |
| | | 3 = Bom | (3 cm) | |
| | | 4 = Ótimo | (4 cm) | |
| Competição | Cobertura de copa | 1 = Pouco | (25%) | |
| | | 2 = Alguma | (50%) | |
| | | 3 = Presente | (75%) | |
| | | 4 = Recoberto | (100%) | |
| | Cobertura de gramíneas | Cobertura de gramíneas | 1 = Pouco | (25%) |
| | | | 2 = Alguma | (50%) |
| | | | 3 = Presente | (75%) |
| | | | 4 = Recoberto | (100%) |
| | Cobertura de herbáceas | Cobertura de herbáceas | 1 = Pouco | (25%) |
| | | | 2 = Alguma | (50%) |
| | | | 3 = Presente | (75%) |
| | | | 4 = Recoberto | (100%) |
| Luminosidade | Luminosidade | 1 = Pouco | (25%) | |
| | | 2 = Alguma | (50%) | |
| | | 3 = Presente | (75%) | |
| | | 4 = Recoberto | (100%) | |

Os atributos de cobertura e proteção do solo foram determinadas pela presença de cobertura morta, material oriundo de capina e a cobertura de serapilheira, folhas, galhos, ramos, sementes, restos vegetais, foram estimados empregando-se uma subparcela constituída de um quadro de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) subdividido em quatro quadrículos de 0,25 m x 0,25 m. Para cada parcela de 100m² nas diferentes áreas de estudo foram realizadas duas avaliações lançando-se o quadro de modo aleatório dentro da parcela.

O resultado foi expresso percentualmente variando de 25% (apenas um quadrículo coberto apresentado qualquer tipo de cobertura) a 100% (todos os quadrículos cobertos com

qualquer cobertura acima citada). No quadro lançado ao solo foi contabilizado o número de quadriculos com mais de 50% de sua área coberta com qualquer tipo de cobertura.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SiSVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. AVALIAÇÕES DAS ÁREAS E DAS PRÁTICAS DE MANEJO

O solo da área foi caracterizado como um Latossolo Vermelho argiloso. Inicialmente toda a área destinada à implantação do sistema de agricultura Sintrópica era predominada por brachiara (*Urochloa decumbens*), sendo uma área de pousio. Dessa forma, de acordo com as avaliações, a área apresentava-se compactada. As três áreas avaliadas apresentaram os resultados quanto aos critérios técnicos apresentados na tabela 2, e os resultados estão expressados na tabela 4.

TABELA 4 - Resultados dos critérios técnicos avaliados nas áreas de agroflorestal no Sítio Flor & Ser, Pirenópolis, GO. 2019

| Indicadores | Critérios para avaliação | | |
|----------------------------|--|---|---|
| | Área degradada | Agricultura Sintrópica com 2 anos | Agricultura Sintrópica com 7 anos |
| Condição de solo | Nota 0: Área compactada | Nota 1: Área com solo compactado, necessitando alguma intervenção | Nota2: Área sem compactação |
| Densidade de plantas | Nota 1: Plantas ocupando de 50% a 75% da área | Nota 1: Plantas ocupando de 50% a 75% da área | Nota 2: Plantas ocupando de 75% a 100% da área |
| Plantas espontâneas | Nota 1: Plantas ocupando e área, porém sem interferir | Nota 1: Plantas ocupando e área, porém sem interferir | Nota 1: Plantas ocupando e área, porém sem interferir |
| Sobrevivência das espécies | Nota 1: Média germinação (de 6 a 15 espécies na área). | Nota 2: Alta germinação (mais de 15 espécies na área) | Nota 2: Alta germinação (mais de 15 espécies na área) |

Ao comparar as áreas implantadas com a agricultura sintrópica em 2012 e 2017 com a área degradada, notou-se uma redução da compactação do solo juntamente com o aumento da taxa de sobrevivência das espécies e densidade de plantas, sendo os itens mais bem avaliados, comprovando que a prática da sintropia é benéfica para melhor conservação do solo e equilíbrio

do ecossistema, que sem nenhuma aplicação de produtos químicos, obteve altos índices de germinação, descompactação do solo e densidade de plantas.

As plantas espontâneas que se encontram presentes nas três áreas (área degradada, área de sintropia implantada em 2012 e a de 2017), não interferiram no plantio. Nas SAFs (Sistemas Agroflorestais), as plantas crescem de forma independente, um consórcio de espécies diferentes que imitam um ambiente de floresta natural (CURY; JUNIOR, 2011). O manejo nesse tipo de sistema é limitado, porém não é uma entrave, pois não atrapalha o desenvolvimento das espécies, a convivência entre as espécies é harmônica.

Com o intuito de recuperação da área degradada, as espécies cultivadas selecionadas para serem produzidas dentro do sistema sintrópico foram: Banana (*Musa spp.*), Eucalipto (*Eucalyptus*), Mandioca (*Manihot esculenta*), Café (*Coffea*), Pupunha (*Bactris gasipae*) e Mamão (*Carica papaya*) como a espécie chave, Caju (*Anacardium occidentale*), Abacate (*Persea americana*), Mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), Mogno africano (*Khaya ivorensis*), Cacau (*Theobroma cacao*), Jaca (*Artocarpus heterophyllus*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), Limão cravo (*Citrus bigaradia*) e Limão taiti (*Citrus latifolia*) como variações.

A distribuição das mudas variou de acordo com o espaçamento de cada espécie. Para a distribuição das sementes foi realizada uma mistura das sementes disponíveis juntamente com pó de rocha, esterco e pó de carvão, e foram lançadas 5g a 1,0 m da linha de plantio.

Com relação ao manejo das áreas estudadas, as práticas utilizadas foram, a adubação verde, onde foi avaliado como a mais utilizada no início da implantação do sistema, visando melhorar a qualidade do solo. O plantio foi realizado inicialmente com a espécie *Sphagneticola trilobata*, conhecida popularmente como margaridão, e sendo substituída pelo capim mombaça (*Megathyrsus maximus*), consorciado com outras culturas como a banana e o café, atualmente faz o papel da adubação verde.

A utilização do adubo verde ao longo do sistema sintrópico de produção auxiliou na descompactação desse solo, podendo ser notado na área de 2012, que apresentou-se com nota 2, sem compactação, o que se justifica pelo fato de ter sete anos de cultivo em sintropia com a utilização inicial do margaridão e atualmente com capim mombaça consorciado com banana. A área de 2017 apresentou-se com nota 1, ou seja, ainda com compactação, devido ao pouco tempo de plantio desses adubos verdes. Porém, percebe-se que o sistema sintrópico de produção consegue recuperar a característica de compactação do solo através da utilização de espécies indicadas para tal, como o margaridão, o capim mombaça, a banana e a mandioca.

Além da adubação verde, são realizadas adubações com esterco de gado, cama de frango, pó de carvão e yoorin, todos atendendo as regras de manejo da agricultura orgânica, não permitindo a utilização de produtos químicos. As aplicações foram realizadas no plantio e seguidas pelas adubações de cobertura, o que também auxiliou na melhoria da qualidade do solo, proporcionando melhor descompactação.

Para o controle de plantas espontâneas utiliza-se a roçada, não sendo realizada nenhum tipo de aplicação com produtos químicos para essa finalidade. A capina seletiva, que elimina apenas algumas plantas espontâneas mais agressivas que possam prejudicar a produção ali plantada, é utilizada no dia-a-dia e no momento da implantação é realizada uma capina sistemática, onde é ocorre uma limpeza total da área eliminando todas as plantas espontâneas ali presentes.

Das duas áreas implantadas com o sistema sintropico, independente do ano de instalação das áreas, 2012 e 2017, foi possível notar a presença de plantas espontâneas. Porém, não se notou interferência no processo de produção das espécies cultivadas, permitindo a conclusão de que a fase de maior interferência no processo de produção é na fase inicial do plantio, não interferindo significativamente após a instalação da culturas e acabam auxiliando no processo de adubação desse solo, proporcionando cobertura viva; após a roçada serve como matéria orgânica e morada para pragas e inimigos naturais.

A irrigação foi utilizada na fase mais crítica, sendo o período de implantação até a fase de germinação. Nas áreas de sintropia avaliadas, de 2012 e a de 2017, a irrigação não foi mais necessária, devido as culturas já terem passado dessa fase de pegamento, a fase mais crítica, e estarem em fase de desenvolvimento mais avançadas. Porém, se deduz que tal técnica teve influência significativa para a sobrevivência das espécies na área no início do plantio. No geral, a sobrevivência das espécies nas áreas foram avaliadas e constatada como boa, pois houve a germinação de mais de 15 espécies na área.

4.2. AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Os solos das três áreas (área degradada, área de agricultura sintrópica de 2012 e a área de agricultura sintrópica de 2017), foram classificadas como Latossolos. Os Latossolos são de baixa fertilidade natural (distróficos), argilosos ou muito argilosos, cuja granulometria mais fina do material de origem e mineralogia da fração argila, predominantemente caulínica,

favorecem a formação de consistência dura quando secos e de adensamento natural, em algumas situações (PEREIRA et al., 2010).

TABELA 5 - Teor de argila, silte e areia dos solos coletados nas áreas de análise, Sítio Flor & Ser, Pirenópolis, GO, 2019

| | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) |
|----------------------|------------|-----------|-----------|
| Área degradada | 27 | 20 | 53 |
| Área Sintrópica 2012 | 34 | 12 | 54 |
| Área Sintrópica 2017 | 26 | 17 | 56 |

De acordo com a análise de solo em que foi submetida (tabela 6), foi possível analisar que a área sintrópica instalada em 2012 foi capaz de obter as maiores médias estatísticas em relação a todos os macronutrientes (Ca, Mg, K, P), também obteve o pH mais próximo a 6, que é o recomendado para Latossolos. Foi capaz de ter os menores índices em relação a acidez potencial (H+Al), além da maior porcentagem da saturação de base.

TABELA 6 - Teste de médias referente às características físico químicas do solo de três áreas agrícolas localizadas no Sítio Flor & Ser, em Pirenópolis, Goiás, 2019.

| | pH | Ca (cmol _c dm ⁻³) | Mg (cmol _c dm ⁻³) | H+Al (cmol _c dm ⁻³) | K (mg dm ³) | P (mg dm ³) |
|----------------------|-----------|--|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Área degradada | 5,0 b | 2,10 b | 0,60 b | 3,55 b | 58,00 b | 1,22 b |
| Área sintrópica 2012 | 5,7 a | 3,60 a | 1,40 a | 2,70 c | 111,75 a | 6,30 a |
| Área sintrópica 2017 | 4,7 b | 1,72 c | 0,40 c | 4,40 a | 56,00 c | 1,00 c |
| CV (%) | 3,56 | 2,94 | 10,21 | 2,82 | 1,31 | 17,03 |
| Média | 5,13 | 2,47 | 0,80 | 3,55 | 75,25 | 2,84 |
| | MO (%) | CTC (cmol _c dm ⁻³) | V (%) | DA (g cm ³) | DR (g cm ³) | PO (%) |
| Área degradada | 2,60 a | 6,47 a | 44,20 b | 1,00 c | 2,29 b | 55,76 a |
| Área sintrópica 2012 | 2,50 a | 7,25 a | 66,20 a | 1,52 a | 2,52 a | 39,35 b |
| Área sintrópica 2017 | 2,30 a | 6,60 a | 33,80 c | 1,26 b | 2,54 a | 50,25 a |
| CV (%) | 19,30 | 8,23 | 1,70 | 5,51 | 4,25 | 8,79 |
| Média | 2,46 | 6,77 | 48,00 | 1,26 | 2,45 | 48,45 |

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MO = Matéria Orgânica; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; V = Saturação de Bases; DA = densidade aparente; DR = densidade real; PO = porosidade.

Os teores de cálcio (Ca) no solo variaram de acordo com o tempo de implantação do sistema sintrópico na área, variando de $1,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na área de sintropia de 2017, até $3,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na área de 2012. O mesmo ocorreu em relação ao magnésio (Mg) onde seguiram a mesma ordem da cálcio, tendo médias maiores na áreas de sintropia de 2012 seguido pela área degradada e por fim na área de sintropia de 2017, o que se justifica pelo fato da agricultura sintrópica ser capaz de recuperar o cálcio e magnésio do solo de forma natural, através da deposição de folhas no solo e da decomposição de vegetais na área.

Quanto a acidez potencial, que é a soma de H + Al, que se refere ao potencial que o próprio alumínio tem de acidificar o solo, sendo preferível índices menores, tiveram a ordem inverso dos outros elementos até então analisados, sendo maiores na área de 2017, com $4,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, seguido pela área degradada com $3,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e finalmente, com os menores índices a área mais velha, de 2012, apresentando $2,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Uma justificativa plausível para os índices da área degradada terem sido superior ao da área de sintropia de 2017 é a utilização frequentes de corretivos de solo, influenciando diretamente nos resultados já que no sistema de agricultura Sintrópica não permite a utilização de nenhum produto químico.

O potássio (K) sendo o macronutriente mais abundante no solo, teve resultados similares aos demais elementos, onde a área de 2012 teve maiores médias estatísticas com $111,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ seguido pela área degradada, com $58,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e por fim a área de sintropia de 2017.

O Fósforo (P) elemento importantíssimo para o desenvolvimento das culturas seguiu a ordem dos demais elementos, tendo maiores índices a área de sintropia de 2012, seguido pela área degradada e com as menores médias estatísticas a área de sintropia de 2017, com resultados $6,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $1,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente na ordem.

Os resultados indicam ainda que o SAF instalado em 2012 está sendo eficiente na utilização de insumos, apresentando teores elevados de Ca, Mg, K e P, que ocorre devido à ciclagem de nutrientes promovida pelas sucessivas podas das arbóreas, que concentra os resíduos nos solos. Assim, o acúmulo de nutrientes em superfície é decorrente da deposição de grande quantidade de resíduos provenientes da parte aérea das frutíferas e outras espécies vegetais componentes dos sistemas.

Já a porcentagem de matéria orgânica (MO), não houve diferença significativa entre as três áreas. Tal fato pode ser justificado pela presença de braquiária no solo degradado, o que ofereceu uma cobertura viva no solo predominante protegendo assim esse solo e promovendo uma matéria orgânica eficiente. Já o ambiente de sintropia sofre o maior *input* de insumos

(massa e energia), sendo adubado em todas as suas reformas, diferente das áreas degradadas, o que conseqüentemente promove uma melhoria na qualidade química do solo.

O Sistema sintrópico instalado em 2012 apresentou pH do solo 5,7 sendo o mais próximo à faixa de 6,0- 6,5 que é recomendada para o pleno crescimento vegetal da maioria das culturas de acordo com Faquin, 2005. Tal fato comprova a capacidade da melhoria do pH do solo a partir dos anos de instalação da sintropia na área. No entanto, Santos, 2017 encontrou valores de pH acima de 6,0 para áreas de sintropia no Cerrado brasileiro, também classificado como Latossolo Vermelho, e instalado a apenas quatro anos, sugerindo que o valor do pH no presente trabalho deveria ter sido maior pelo tempo de instalação da sintropia na área.

De acordo com Santos, 2017, os valores de potássio (K), pH e saturação por bases (V%) dentro de um sistema agroflorestral teve maiores índices quando comparados com o da área em estudo em questão. Quando comparado a outros sistemas sobre Latossolo Vermelho, somente os resultados relatados por Alves (2012) se aproximaram dos valores adequados para a produção de cultura como cereais, café, frutíferas tropicais e leguminosas herbáceas/arbustivas, de 60 % em média (ALVAREZ et al., 1999). O teor de saturação de bases do presente trabalho apresentou-se adequado somente na área de agricultura sintropica instalada em 2012, que foi superior a 60%.

Essa diferença dos atributos do solo entre os sistemas é reflexo do intenso *input* empregado no sistema sintrópico estudado, que enfatiza ainda mais a percepção de entrada e saída de massa e energia e os tipos de manejo existentes para o sistema, para assim melhorar a produtividade e otimizar o balanço de massa e energia. Entretanto esse intenso *input* aponta para um favorecimento dos atributos do solo. Desta maneira, reforça o caráter sintrópico do SAF, eficiência energética, quando comparada à entropia da agricultura, onde há baixa eficiência de utilização de energia, provocando muitas vezes a degradação do meio ambiente e perda de produtividade (MATSUMURA et al., 2016).

Segundo Gotsch (1996), a agricultura sintrópica harmoniza as atividades agrícolas com os processos naturais dos seres vivos, a fim de produzir um nível ideal de diversidade e quantidade de frutos, sementes e outros materiais orgânicos de alta qualidade. E permite a transformação de pastos abandonados, com solos completamente degradados, em agroflorestas altamente produtivas e diversificadas, em um prazo curto que vai de cinco a oito anos.

Para a densidade aparente do solo, foi possível perceber que a área de sintropia instalada em 2012 apresentou maiores valores, justificado pela quantidade de espécies arbóreas já enraizadas e bem desenvolvidas na área. De acordo com Kiehl (1979), a densidade aparente

apresenta maiores valores em consequência de uma menor quantidade de matéria orgânica, menor agregação e penetração de raízes e da compactação ocasionada pela pressão das camadas subjacentes. Dessa forma, justifica a densidade aparente ter apresentado valores menores na área degradada, pois apresenta-se coberta por brachiaria. Bochner (2007) menciona que os baixos valores de densidade do solo devem-se, em parte, à grande presença de raízes finas que promovem elevação no teor de matéria orgânica, melhoria na agregação e consequente diminuição da densidade.

A porosidade do solo é determinada pela forma como se arranjam suas partículas sólidas, destacando que se elas se arranjam em íntimo contato, ocorre predominância de sólidos na amostra de solo e a porosidade total é baixa; e se, ao contrário, as partículas se encontram arranjadas em agregados, há a predominância de vazios na amostra de solo e a porosidade é alta (RIBEIRO et al., 2007). Desta forma, observa-se que o menor valor da porosidade total corresponde aos solos da área de sintropia instalado em 2012, indicando que suas partículas sólidas tendem a estar arranjadas em íntimo contato, o que garante uma melhor absorção e retenção de água no solo.

4.3. INDICADORES DE FUNÇÕES ECOLÓGICAS

Os indicadores de funções ecológicas, baseado na proposta do SER (2004), foram estabelecidos para analisar o funcionamento das áreas, sua capacidade de autosustentar e sua resiliência, onde foi analisado as funções relativas a proteção do solo (cobertura morta e cobertura de serapilheira), aporte de biomassa (altura da serapilheira) e, competição interespecífica.

TABELA 7 - Teste de médias referente aos atributos de função ecológica de três áreas agrícolas localizadas em Pirenópolis - Goiás.

| Áreas | Cobertura e proteção de Solo | | Aporte de biomassa | Competição | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| | Cobertura Morta (%) | Serrapilheira (%) | Altura da Serrapilheira (cm) | Cobertura de copa (%) | Cobertura de Gramíneas (%) | Cobertura de Herbáceas (%) | Luminosidade (%) |
| Área degradada | 92,5 a | 25,0 b | 1,0 a | 32,5 b | 47,5 ab | 25,0 b | 92,50 a |
| Sintropia de 2017 | 35,0 c | 25,0 b | 1,0 a | 62,5 a | 32,5 b | 67,5 a | 62,50 b |
| Sintropia de 2012 | 65,0 b | 37,5 a | 1,0 a | 67,5 a | 52,5 a | 80,0 a | 57,50 b |
| CV (%) | 24,75 | 26,08 | 17,67 | 49,21 | 34,28 | 42,42 | 37,63 |
| Média | 64,16 | 29,16 | 1,03 | 54,16 | 44,16 | 57,5 | 70,83 |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando a tabela do teste de médias, quanto a cobertura e proteção de solo, verifica-se que a área degradada possui maior porcentagem de cobertura morta, fato explicado pela presença de *Brachiaria (Urochloa decumbens)* na área. A brachiaria se destaca pela excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal do solo. Já a área de sintropia implantada em 2012 obteve maior porcentagem de cobertura morta do que a implantada em 2017, mostrando que ao longo do tempo a agricultura sintrópica proporciona essa cobertura e proteção de solo, favorecendo-o.

De acordo com Pinto et al. (2008), em florestas maduras, a produção de serrapilheira é superior a produção em florestas iniciais, fato que também foi constatado no presente trabalho, onde ao verificar a área de agrofloresta implantada em 2012 notou-se a maior média de porcentagem de serrapilheira, proporcionando a maior ciclagem de nutrientes no ambiente. Já as áreas de agrofloresta implantada em 2017 e a área degradada, não se diferenciaram estatisticamente, o que demonstra que uma agricultura sintrópica implantada a dois ou três anos ainda não consegue realizar a ciclagem de nutriente de forma satisfatória. Quanto ao aporte de biomassa todas as áreas apresentaram mesma média de altura de serrapilheira, que variou de 0 – 1 cm, não diferindo estatisticamente.

Quanto a competição, na cobertura de copa, a área com maior média foi a área de agrofloresta implantada em 2012, o que ocorreu devido à quantidade de espécies arbóreas na área e que apresentam plantio avançado, ou seja, plantas já adultas. Apesar disso, a área de sintropia instalada em 2017 não apresentou diferença estatística significativa da área de 2012, o que nos permite concluir que com apenas dois anos de plantio, as espécies arbóreas implantadas são capazes de se desenvolverem a ponto de proporcionarem o fechamento de copa na área.

Para cobertura de gramíneas e de herbáceas, a área com implantação do sistema agroflorestal apresentou maiores médias, demonstrando a diversidade de espécies que os sistemas agroflorestais apresentam. Mesmo com a diversidade de culturas implantadas no sistema agroflorestal, a área degradada não diferiu estatisticamente da área de agricultura sintrópica implantada em 2012 quanto a cobertura de gramíneas, o que é justificado pela alta presença de plantas daninhas herbáceas na área e pela braquiária já instalada.

Quanto a luminosidade observou-se que suas médias foram inversamente proporcionais ao parâmetro de cobertura de copa, sendo a área degradada possuidora da maior taxa de luminosidade já que não apresenta quantidade de espécies florestais significativas comparada

com as áreas de implantação do sistema de agroflorestal (SAF), tendo assim maior área livre recebendo os raios solares de forma direta o tempo todo. A área de sintropia implantada em 2012 apresentou menor taxa de luminosidade, o que é justificado pelas espécies arbóreas já na fase adulta, no entanto, a área de sintropia de 2017 não diferiu estatisticamente da área de 2012, o que nos permite concluir que apenas com dois anos de implantação, o desenvolvimento das espécies arbóreas já permite diminuir a taxa de luminosidade, aumentando o sombreamento na área.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente trabalho conclui-se que o sistema de agricultura sintrópica é eficiente na utilização para recuperação de áreas degradadas e na função ecológica do meio ambiente. Quanto maior o tempo que o sistema foi implantado melhores são os resultados.

Como um todo o sistema se mostrou eficiente tendo bons resultados tanto em relação ao solo como em produtividade. Constatou-se que na área onde tem maior tempo de implantação, área de 2012, os índices de macronutrientes como Ca, Mg, K, P foram maiores significativamente, superado até mesmo os índices das áreas degradadas que contavam com a utilização da aplicação de fertilizantes ricos em tais elementos. Isso permite concluir que o sistema de agricultura sintrópica promove a fertilização natural do solo.

Com o passar dos anos de implantação o aumento das funções ecológicas também aumentaram, com maior presença de serrapilheira que serve de cobertura do solo. Se obteve maiores índices relacionados a competição, como cobertura da copa das espécies ali presentes, cobertura de gramíneas e cobertura de herbáceas. Com relação a luminosidade teve uma diminuição significativa, sendo isso um aspecto positivo, significa que o solo está sendo protegido das altas temperaturas evitando assim a perda de nutrientes do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 592p, 2002.

ALVAREZ, V.H.V.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, AC.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H.V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5 a aproximação**. CFSEMG, p. 67-78, 1999.

ALVES, R.P. **Dinâmica de nitrogênio em sistema agroflorestal na região de cerrado (Brasil central)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, 66p, 2012.

ANDRADES, T. O., GANIMI, R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, v.21, p. 43 – 53, Juiz de fora, 2007.

ARATO, D. H., Martins Venâncio, S., Ferrari Souza, S. H. D. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, 2003.

ASSIS, R.L.; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n.6, p.67-80, 2002.

BALEEIRO, A. V. F. Intersecção termodinâmica-ecologia e discussão das bases científicas da agricultura sintrópica. **Dissertação de mestrado**, universidade federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Programa de pós graduação em Ecologia, Goiânia, 2018, 128p.

BLAKE, GR; HARTGE, K.H. Densidade a granel. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1 - Physical and Mineralogical Methods*, 2ª Edição, **Agronomy Monograph 9**, Sociedade Americana de Agronomia - Soil Science Society of America, Madison, 363-382, 1986.

CARDOSO, I. M. **Phosphorus in agroforestry systems**: a contribution to sustainable agriculture in the Zona da Mata of Minas Gerais, Brazil. 2002. 134f. Thesis (Ph.D.) - Wageningen University, Wageningen, 2002.

CARVALHO, R., GOEDERT, W. J., ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

CURY, R. T. dos S.; JUNIOR, O. C. Manual para restauração florestal: florestas de transição. Belém - PA: IPAM - **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 2011.

DIAS, A. A. S., DE OLIVEIRA DIAS, M. A. Educação ambiental. **Revista de Direitos Difusos**, v. 68, n. 1, p. 161-178, 2017.

DUARTE, L., BARUQUE RAMOS, J., KOHAN, L., PINHEIRO, L. Algodão orgânico no Brasil: sustentabilidade e perspectivas produtivas. **6º Contexmod**, v. 1, n. 6, 2018.

DONAGEMA, G. K., DE CAMPOS, D. B., CALDERANO, S. B., TEIXEIRA, W. G., & VIANA, J. M. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 2011.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Pós graduação “latu-sensu” (Especialização) a distância (Solos e meio ambiente) – Universidade Federal de Lavras, 186p, 2005.

FÁVERO, C., LOVO, I. C., MENDONÇA, E. D. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FIRMINO, R. G., FONSECA, M. B. D. Uma visão econômica dos impactos ambientais causados pela expansão da Agricultura. **Encontro de Extensão**, v. 10, 2001.

FONSECA, V. H. **Seleção de Indicadores ecológicos para a avaliação de planos de restauração de áreas degradadas**. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos, 123p, 2011.

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 128f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000. \

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005

GOTSCH, E. **O renascer da agricultura**. Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa: Rio de Janeiro - RJ.1996. 1 p.

KAMIYAMA, A., MARIA, I. C. D., SOUZA, D. C. C. D., SILVEIRA, A. P. D. D. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 176-184, 2011.

KIEHL, J. E. **Manual de Edafologia**. Agronômica Ceres, São Paulo, 262 p. 1979.

LAUDARES, S. S. D. A., BORGES, L. A. C., ÁVILA, P. A. D., OLIVEIRA, A. L. D., SILVA, K. G. D., LAUDARES, D. C. D. A. Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations. **Cerne**, v. 23, n. 2, p. 161-174, 2017.

LIMA, A.J.P.; CARMO; M.S. Agricultura sustentável e a conversão agroecológica. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v.4, n.7, p.47-72, 2006.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável sistemas agroflorestais**. Curso de pós-graduação *lato sensu* (especialização) à distância. Gestão e manejo ambiental em sistemas florestais. Lavras: UFLA/FAEPE, 157p. 2000.

- MACHADO, F. J. **Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas de preservação permanente.** Dissertação mestrado, universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012, 89p.
- MATSUMURA, E.S. **A agricultura convencional e a agricultura sintrópica: uma discussão inicial.** Trabalho de conclusão de curso – Unesp, 40p, 2016.
- MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. F. Cultivo do café em sistema agroflorestral: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.375-383, 2001.
- MENEZES, J.M.T.; VAN LEEUWN, J.; VALERI, S.V.; DA CRUZ, M.C.P.; LEANDRO, C.R. Comparação entre solos sob uso agroflorestral e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 893-898, 2008.
- MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura**, Rio de Janeiro, n.15, p. 39 – 52, 2000.
- OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **ComCiência**, n. 120, p. 0-0, 2010.
- OLIVAL, A. A; ARANTES. V. T; MILANEZ, J.G.P. **Efeitos de diferentes práticas de manejo em agroflorestas sucessionais:** O caso do projeto sementes do portal, 2013.
- PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural:** um estudo de caso. 1999. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiróz, Piracicaba, 1999.
- PENEIREIRO, F. M. **Fundamentos da agroflorestral sucessional.** Segundo Simpósio de Sistemas Agroflorestais. Sergipe. 2003.
- PEREIRA, T. T. C., KER, J. C., SCHAEFER, C. E. G. R., DE BARROS, N. F., NEVES, J. C. L., & ALMEIDA, C. C. Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí-Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, 34.4:1283-1296, 2010.
- PINTO, S. D. C., MARTINS, S. V., BARROS, N. D., & DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva mata do paraíso, em viçosa, MG. **Revista árvore-Sociedade de Investigações Florestais**, 2008.
- PINTO, N. G. M., CORONEL, D. A. A degradação ambiental no Brasil: uma análise das evidências empíricas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 188, p. 1-8, 2013.
- RIBEIRO, K. D.; MENEZES, M. S.; MESQUITA, M. da G. B. de F.; SAMPAIO, F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciênc. Agrotec.** Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, jul./ago, 2007.

RODRIGUES, G. S., CAMPANHOLA, C., KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

ROSSET, J. S., COELHO, G. F., GRECO, M., STREY, L., JUNIOR, A. C. G. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

SANTOS, P. P. Efeito do histórico de manejo nos propriedades do solo em um sistema agroflorestal sucessional no Cerrado. **Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Florestal)**. Universidade de Brasília – UnB. Brasília. 2017.

SANTOS, W. **Agricultura Sintrópica**. 2017 [online]. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/Home/cta/agri-junho-2017.pdf>> Acesso em: 02 de Maio de 2019.

SER (Society for Ecological Restoration International). **Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International, 15p, 2004. Disponível em: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp. Acessado em 08 de agosto de 2019.

SILVA, K. P. Produção de mudas de árvores de múltiplo propósito para implementação de sistemas agroflorestais no norte do estado do Maranhão. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 1, n. 1, 2017.