

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS
VEGETAIS DE ABACAXIZEIRO MANEJADO EM CAMBISSOLO**

ALINE FONSECA MARTINS

ALINE FONSECA MARTINS

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS VEGETAIS DE
ABACAXIZEIRO MANEJADO EM CAMBISSOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro

Montes Claros
2019

Aline Fonseca Martins. **DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS VEGETAIS DE ABACAXIZEIRO MANEJADO EM CAMBISSOLO**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Dr.^a Leidivan Almeida Frazão - ICA/UFMG

Maria Nilfa Almeida Neta- Doutoranda em Produção vegetal-ICA/UFMG

Verônica Aparecida Santos Ferreira Soares- Doutoranda em Produção vegetal-ICA/UFMG

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro- Orientador -ICA/UFMG

Montes Claros, 06 de Dezembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida. Por me ensinar que todas as coisas possuem um tempo certo para acontecer.

Aos meus pais, pelo amor, pelos conselhos e pela motivação para prosseguir.

A Léo, Natália e Edvaldo pela recepção, pelo carinho.

Ao meu amigo Gilmar pelo apoio, pela ajuda, compreensão.

Ao professor, Dr. Rodinei Facco Pegoraro, pela orientação, pela paciência e oportunidade de aprendizado.

Ao técnico do laboratório de resíduos, Márcio Neves pelo suporte na análise experimental.

Ao professor, Dr. Reginaldo Arruda Sampaio, pela disponibilização do laboratório para condução do experimento.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

Os resíduos culturais podem trazer benefícios para as propriedades do solo e contribuir com os cultivos sucessivos. Objetivou-se avaliar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos de abacaxizeiro manejados em superfície ou incorporado ao Cambissolo e a influência destes nos atributos químicos do solo. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema fatorial 3x9, consistindo de dois manejos do solo com resíduos vegetais (aplicados na superfície do solo ou incorporados 10 cm de profundidade) e um manejo sem aplicação de resíduos em nove tempos de incubação (0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 DAI). Os resíduos foram acondicionados em bolsas de decomposição, a redução da massa seca foi avaliada em condições de laboratório. Empregou-se modelos matemáticos para descrever a decomposição e mineralização, a constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) que é o tempo necessário para decomposição da metade do resíduo vegetal e o tempo para decomposição de 95% do resíduo ($T_{0,05}$). As maiores taxas de decomposição da biomassa vegetal ocorreram nos primeiros 42 dias. Ao final dos 112 DAI obteve-se a massa seca remanescente de: 31,5 e 35,3% para o resíduo incorporado e em superfície, respectivamente. O tempo de meia vida ($T_{1/2}$) para a massa seca e para os macronutrientes em superfície (P, C, N, Ca, Mg, K) foram nessa ordem iguais a: 18, 9, 14, 16, 16, 20, 23 dias, enquanto para os resíduos incorporados ao solo a sequência para a massa seca remanescente e dos macronutrientes (K, N, P, C, Mg, Ca) foi respectivamente: 13, 4, 10, 10, 12, 22, 23 dias. O K foi o macronutriente liberado em maior quantidade para os dois manejos com resíduos (140,44 mg quando incorporado e 129,57 mg em superfície). A quantidade mineralizada para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) em superfície e incorporado foram respectivamente iguais a: 34,72; 2,7; 140,44; 18,6; 8,88; e 19,97; 1,47; 129,57; 6,56; 20,76 mg. A deposição de resíduos elevou o pH em relação ao tratamento controle. A decomposição foi influenciada pela composição do resíduo, tamanho do resíduo, pela umidade e proximidade com o microrganismo do solo. A quantidade liberada pode proporcionar economia com fertilizantes minerais.

Palavras-chave: Mineralização, Imobilização, Matéria orgânica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Imagens ilustrativas das Bolsas (litter bags) de decomposição dos resíduos vegetais de abacaxizeiro	19
Figura 2-Imagens ilustrativas das unidades experimentais de decomposição de resíduos, abertas para realização das trocas gasosas	20
Figura 3-Massa seca (Massa remanescente), Carbono orgânico (C remanescente) e N total (N remanescente) remanescentes em gramas (g) e porcentagem (%) obtidas durante o período de 112 dias de incubação de resíduos de abacaxizeiro na superfície e incorporado ao solo.....	27
Figura 4-Conteúdo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) remanescentes obtidos durante o período de 112 DAI com resíduos de abacaxizeiro na superfície e incorporado ao Cambissolo.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização física e química do Cambissolo háplico utilizado no estudo (camada de 0-20 cm de profundidade).....	18
Tabela 2- Massa de matéria seca remanescente (MSR), teor de carbono e macronutrientes (dag kg^{-1}) e relação C/N obtidas nos resíduos vegetais de abacaxizeiro após 112 dias de incubação em superfície e incorporado ao Cambissolo.....	22
Tabela 3- Tempo de meia vida ($T_{1/2}$), $T(0,05)$ constante de decomposição (K) valores de R2 ajustados.....	25
Tabela 4- Conteúdo médio inicial (CI) e final (CF), quantidade mineralizada (QM) até 112 dias após início da incubação, porcentagem mineralizada (PM) de Carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio dos resíduos de abacaxizeiro aplicados na superfície.....	28
Tabela 5- Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo no decorrer dos 112 dias de incubação (Tempo) sem resíduo vegetal de abacaxizeiro, com resíduo incorporado ou aplicado na superfície do Cambissolo (Manejo).....	33
Tabela 6- Macronutrientes e propriedades químicas do solo após a incubação de resíduos vegetais de abacaxizeiro em superfície ou incorporado de 0-10 e 10-20 cm.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CI	Conteúdo Inicial
CF	Conteúdo Final
DAI	Dias após a incubação
CNR	Conteúdo Remanescente de Nutriente
CNM	Conteúdo do Nutriente Mineralizado
CO	Carbono orgânico
CTC	Capacidade Efetiva de Troca de Cátions
X	Média
M-1	Primeiro Manejo
M-2	Segundo Manejo
M-3	Terceiro Manejo
MO	Matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica no solo
MSR	Massa Seca Remanescente
PM	Porcentagem Mineralizada
P-rem	Fósforo Remanescente
QM	Quantidade mineralizada
TN	Teor do Nutriente
$T_{(1/2)}$	Tempo de meia vida
$T_{(0,05)}$	Tempo para decomposição de 95% do resíduo
V	Saturação por Bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REFERENCIAL TEORICO.....	9
2.1 Características gerais e importância econômica da cultura do abacaxizeiro	9
2.2 Aspectos nutricionais do abacaxizeiro	10
2.3 Matéria orgânica no solo.....	12
2.4 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Local e época da realização do experimento	18
3.2 Características físicas e químicas do solo	18
3.3. Delineamento experimental	18
3.4 Unidades experimentais	19
3.5 Variáveis analisadas.....	20
3.6 Análise estatística.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Matéria seca e macronutrientes remanescente no resíduo de abacaxizeiro	22
4.2 Porcentagem remanescente dos macronutrientes no resíduo de abacaxizeiro e quantidade mineralizada.....	26
4.3 Alterações dos atributos químicos do solo com aplicação de resíduos de abacaxizeiro	33
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro adapta-se as condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais (CARDOSO *et al.*, 2013) no entanto, é considerada uma cultura exigente do ponto de vista nutricional. Por isso, os solos das áreas agricultáveis devem receber fertilizantes (das mais diversas fontes) para suprir esta demanda. Em decorrência disso, a utilização dos resíduos vegetais como matéria orgânica no solo, além de contribuir com os atributos edáficos (físico, químico e biológico) pode colaborar com os cultivos subsequentes.

Diante dos altos preços dos fertilizantes minerais, os resíduos remanescentes do abacaxizeiro são alternativos viáveis, pois parte dos nutrientes extraídos pela planta permanecem na biomassa vegetal e podem através do processo de decomposição e mineralização serem transformados em frações absorvíveis pelas plantas. E ainda, podem contribuir com a redução dos custos e otimização dos recursos, uma vez que a própria recomendação de adubação pode ser subestimada por não considerar a contribuição destes.

Contudo, vários aspectos interferem na cinética de decomposição e mineralização da matéria seca remanescente dos cultivos e nem sempre ocorre disponibilização imediata do nutriente para a planta, esse pode ficar imobilizado pelo microrganismo, adsorvido as frações do solo ou até mesmo ser lixiviado. Salienta-se ainda que, devido o papel desempenhado pela microbiota nesse processo fatores ambientais que impactam no micro-habitat destes organismos podem reduzir ou acelerar as taxas de liberação de nutrientes. Inclusive o próprio manejo dos resíduos pode afetar essa dinâmica e dentre outras consequências: determinar a permanência, durabilidade e a viabilidade destes compostos como adubo orgânico.

Através dos modelos matemáticos é possível relacionar a influência temporal na dinâmica de decomposição e mineralização de resíduos, para alinhar os períodos de liberação com o período de exigência por nutrientes pela cultura, de forma a maneja-los adequadamente em sincronia com os estágios fenológicos.

Dada a escassez de informações na literatura sobre decomposição e mineralização de resíduos de abacaxizeiro na superfície e incorporado ao solo e a importância de estudos que avaliem a contribuição desses resíduos para nutrição vegetal dos próximos cultivos, objetivou-se avaliar a dinâmica de decomposição da matéria seca e dos macronutrientes do abacaxizeiro e a influência desses nos atributos químicos do solo.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Características gerais e importância econômica da cultura do abacaxizeiro

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merrill) é uma infrutescência da família *Bromeliaceae*, originária de regiões tropicais (REINHARDT; SOUZA; CABRAL, 2000). De acordo com Reinhardt (2000) ele possui três ciclos de desenvolvimento: vegetativo (do plantio a floração), produtivo (formação do fruto) e propagativo (formação de mudas), esses ciclos possuem duração respectiva de 8 a 12 meses; 5 a 6 meses e o último período é dependente do tipo da muda, se essa for tipo filhote são 4 a 10 meses, já as mudas tipo rebentão a duração é variável de 2 a 6 meses. Segundo Crestani *et al.* (2010) essa planta possui resistência a condições climáticas críticas, adapta-se em locais semiáridos e pode ser cultivada em diversos estados brasileiros. Na fruticultura brasileira o abacaxi coroa-se entre as principais frutas em produção e valor, possui ampla aceitação no mercado interno e ascensão crescente no mercado externo (KIST *et al.*, 2018). Além da sua importância econômica, o abacaxizeiro destaca-se no âmbito social pela geração de emprego, uma vez que parte da produção nacional é originária das pequenas e médias propriedades rurais (SOUZA; SOUZA, 2000).

No ano de 2016 cultivou-se no Brasil 69 mil hectares de abacaxizeiro, sendo Minas Gerais o terceiro estado em área plantada, com colheita de 251,4 mil frutos no referido ano (IBGE, 2017). Em 2017, o país alcançou a produção de 1,5 milhões de toneladas de frutos, com faturamento de R\$ 1,7 bilhões, o estado mineiro ficou em segundo lugar no ranking de rendimento com 224,3 milhões de frutos, correspondente a 15% da produção nacional e o valor de R\$ 201,3 milhões (IBGE, 2018). Apesar de ser um setor com grandes oportunidades de lucratividade, Palmieri, Rodrigues e Marcomini (2017) consideram baixa a produtividade brasileira frente a outros países, devido aos custos altos de produção, emprego de mão de obra braçal e a precariedade dos investimentos a nível tecnológico para produção em larga escala e mecanizada.

Para Matos (2018) essa baixa produtividade no país deve-se: as técnicas de plantio; principalmente espaçamento entre plantas por área plantada e indução floral; dificuldade na obtenção de mudas resistentes a pragas/doenças; problemas fitossanitários; inadequação no transporte e nas vias trafegáveis. Além dessas, citou o uso da água na irrigação, o manejo de adubação e dos resíduos remanescentes dos cultivos como grandes desafios para alocação do abacaxicultura em outro patamar de rendimento.

2.2 Aspectos nutricionais do abacaxizeiro

Segundo Model (2004) o preparo do solo para abacaxizeiro feito acertadamente pode elevar a produtividade. Ele deve atender as seguintes premissas: redução dos custos, manutenção da qualidade dos recursos naturais, potencialização dos lucros da atividade agrícola e proporcionar qualificados frutos ofertados ao consumidor. Nesse sentido, Reinhardt (2015) ressalta que a demanda do mercado não é somente pela quantidade, mas por frutos de boa aparência, tamanho, sabor, odor e textura. Essas propriedades, por sua vez, dependem do suprimento dos nutrientes demandados pela planta durante seu desenvolvimento nas fases: vegetativa e reprodutiva.

Conforme Souza e Reinhardt (2009) o solo agrícola é incapaz de fornecer completamente os nutrientes demandados pelo abacaxizeiro, tornando-se imprescindível a adubação para atender sua alta exigência nutricional. Entre os veículos utilizados para obter nutrientes: água, ar e solo, esse último “lugar onde a planta colhe o sol para depois ser colhida pelo homem” (VITTI; MALAVOLTA, 1999, p.168) é o meio com maior capacidade de superar limitações. Dessa forma, mesmo solos de baixa fertilidade possuem o potencial de se tornar áreas produtivas, através do uso das recomendações de adubação seja com fertilizantes orgânicos ou minerais.

Souza e Reinhardt (2009) relacionaram em hierarquia decrescente os nutrientes demandados em maiores quantidades pelo abacaxizeiro, são eles: potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo. Silva *et al.* (2016) observaram essa mesma sequência com a cultivar “Pérola” em fileiras duplas (0,9 x 0,35x 0,35 m) e 45.714 plantas ha⁻¹. No experimento destes, a extração dos macronutrientes: K, N, Ca, Mg, S, P foi equivalente nesta ordem a: 453, 252, 92, 55, 42, 37 kg ha⁻¹. Tais valores variam na literatura, pois dependendo do cultivar, da densidade de plantio, do uso de irrigação, das propriedades do solo e da finalidade que será dada ao fruto tem-se diferentes doses de aplicação (SANTOS *et al.*, 2009).

Pegoraro *et al.* (2014) mencionaram que para a cultivar “Vitória” com a produtividade de 72t ha⁻¹ o acúmulo dos nutrientes ocorreu nessa sequência decrescente: K, N, S, Ca, Mg, P equivalente respectivamente a: 898, 452, 134, 129, 126,107 kg ha⁻¹. Do total de nutrientes extraídos pela cultura, cada componente do vegetal teve sua especificidade, a fração correspondente no fruto de K, N, S, Ca, Mg, P respeitada essa ordem foi de: 18, 17, 11, 8, 5, 8 %, o restante ficou retido na biomassa vegetal.

Souza e Reinhardt (2009) afirmaram que apesar do potássio ser o macronutriente necessário em maior dose é o nitrogênio que mais impacta na produtividade. Em consonância com Silva, R. *et al.* (2016) que observaram respostas significativas de rendimento, tamanho e a massa dos frutos com o teor de nitrogênio presente nas folhas. Já Haag *et al.* (1963) ao analisarem a resposta das mudas de abacaxizeiro na ausência de cada macronutriente, perceberam que os tratamentos sem nitrogênio e fósforo foram os mais afetados no rendimento, pois sequer houve formação de frutos, contudo foi a falta de potássio que influenciou no teor de sólidos totais (brix), na acidez e qualidade dos mesmos.

Quanto às exigências nutricionais do abacaxizeiro, Reinhardt (2015) ressaltou a importância de conhecer a marcha de absorção pela cultura, informação útil para adequação das doses a serem aplicadas com a capacidade de utilização pela planta nos seus diferentes estágios de desenvolvimento, pois a absorção é lenta no início, mas crescente com a formação da biomassa e no período de floração. Assim, Pegoraro *et al.* (2014) observaram que os pontos máximos de acúmulo dos macronutrientes (N, P, K, Mg) na cultivar “Vitória” foram dos 450 aos 600 dias após o plantio, período que antecedeu a indução floral, ou seja, a produtividade pode ser afetada caso o manejo de adubação não forneça maiores doses de nutrientes nesse período.

Em estudo com parcelamento de NPK para “Smooth Cayenne” Teixeira *et al.* (2002) relataram que o tratamento com adubação de N tardia (cerca de 12 meses após o plantio) teve acréscimos de produtividade, passados 21 meses após o início do estudo correlacionaram o parcelamento de N e K, com a massa e a qualidade dos frutos. O fracionamento das doses possibilitou a eficiência do uso dos nutrientes pela cultura, reduzindo as perdas por lixiviação.

Amaral *et al.* (2015) em estudo desenvolvido em Janaúba-MG com diferentes lâminas de irrigação para a cultivar Pérola, encontraram a produção de massa seca de 11,2 t. ha⁻¹ para a planta sem o fruto e de 14,17 t. ha⁻¹ da planta com o fruto. Segundo Reinhardt (2015) a fitomassa seca remanescente dos cultivos, além de atuar como matéria orgânica e melhorar vários atributos do solo, pode contribuir com nutrientes e proporcionar uma economia expressiva com adubação. O autor pressupôs que na cultivar *Smooth Cayenne* com a produção de matéria seca de aproximadamente 12 a 30 t ha⁻¹, contenha a proporção de: N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg o equivalente nessa sequência a: 200, 100, 500, 30 e 60 kg ha⁻¹.

Souza e Cardoso (2000) estimaram os custos envolvidos na produção do abacaxizeiro por hectare em duas condições de espaçamento: fileiras simples e fileiras duplas, encontraram respectivamente cerca de 55,26% e 55,46%, dos custos seriam destinados aos insumos, além de 12% na preparação do solo, com o manejo de adubação e plantio. Dessa

forma, entre outras consequências o manejo adequado do solo implica em otimização dos recursos da propriedade, afim de evitar gastos desnecessários.

O abacaxizeiro responde bem a adubação com resíduos orgânicos. Paula, M. *et al.* (1999) encontraram com a aplicação de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça houve um rendimento 70% superior em relação a testemunha, sugeriram ainda, a potencialidade de uso desse resíduo como substituto do adubo mineral cloreto de potássio (KCl), desde que no teor indicado. Segundo Rodrigues *et al.* (2015) o desenvolvimento da cultura, peso dos frutos e a produtividade do abacaxizeiro “Pérola” responderam de forma linear as doses crescentes de resíduos depositados no solo, tanto para cama de frango, quanto para esterco bovino e a mistura de ambos.

Oliveira, Carrielo e Souza (2013) também apontaram a adaptabilidade do abacaxizeiro a adubação com matéria orgânica, no entanto, alertaram que sua aplicabilidade pode ser restrita por questões de logística, que oneram e inviabilizam o uso. Nessa perspectiva Reinhard, Cunha e Souza (2013) argumentaram sobre a possibilidade de utilizar os próprios resíduos do abacaxizeiro como fonte de matéria orgânica no solo.

2.3 Matéria orgânica no solo

Devido sua relação com os atributos edáficos, a matéria orgânica (MO) pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de refletir condições de uso e manejo (FREITAS *et al.*, 2017). Nesse sentido, resíduos vegetais remanescentes das áreas agricultáveis, pode incrementar os teores de MO e fornecer nutrientes para as plantas como alternativa viável frente às altas despesas com fertilizantes minerais (SOUTO *et al.*, 2005).

Sempre que possível a matéria orgânica deve ser empregada como complemento para a adubação mineral (VITTI; MALAVOLTA, 1999). Na impossibilidade de usar a adubação orgânica em grandes escalas, faz-se necessário utilizar técnicas que possibilitem maior estoque de matéria orgânica no solo (MOS) no intuito de aprimorar o rendimento e a produtividade das culturas (CFSEMG, 1989). Costa, E. *et al.* (2013) citaram práticas que auxiliam na sustentabilidade agrícola e no maior aporte de materiais orgânicos no solo: plantas de cobertura, rotação de cultura, sistemas agroflorestais e de integração lavoura pecuária.

Pereira, Wilsen-Neto e Nobrega (2013) mencionaram que a cobertura vegetal reveste o solo contra a perda de umidade, protegendo-o da ação dos fatores climáticos. A fitomassa remanescente do cultivo com aveia aplicada sobre o solo diminuiu em 50% a taxa de evaporação, em 6°C a temperatura máxima e proporcionou menor amplitude térmica favorecendo o crescimento e desenvolvimento da soja (CHABAT, 2010). Da mesma forma,

Chagas *et al.* (2015) encontraram temperaturas mais altas na camada de 0-5 cm para solos descobertos, em comparação com solos com resíduos de Braquiária.

Sato *et al.* (2012) em experimento com consórcio de milho e forrageiras sob plantio direto, relataram a importância da MO para infiltração de água no solo, juntamente com o sistema radicular contribuiu para maior velocidade de infiltração básica e diminuiu as perdas de solo. O mesmo foi relatado por Guimarães, Andrade e Mendonça (2015) ao compararem a cafeicultura em modelos conservacionistas e convencionais, encontraram menores perdas de água, solo, carbono e nitrogênio em função da cobertura do solo.

Com a retirada da cobertura vegetal e intensificação de exploração das áreas destinadas a agricultura, a fração particulada da MO é afetada e funciona como um importante indicador da qualidade do solo (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Calonego *et al.* (2012b) ao analisarem quatro sistemas de uso do solo: semeadura direta, preparo convencional, pastagem e mata nativa, observaram que o tipo de manejo influenciou na densidade do solo, na densidade de partículas, na porosidade total, esse último correlacionou-se positivamente com a MO e inversamente com a densidade aparente e de partículas. Lenz *et al.* (2018) observaram que resíduos da palhada de arroz e do capim elefante sob a superfície do solo, produziram substâncias cimentantes que aumentaram o tamanho dos agregados. Silva, A. *et al.* (2014) também correlacionaram as frações químicas da MOS com o aumento dos macroagregados. Segundo Salton *et al.* (2008) agregados resistentes são essenciais para evitar a deterioração do solo quando submetido a forças externas, como máquinas e a pressão de animais em pastejo.

Costa, Silva e Ribeiro (2013) mencionaram que a estabilidade dos agregados é uma propriedade estrutural susceptível a redução de MOS. Ela exerce influência na densidade, na porosidade, na aeração, na capacidade de campo, no aumento da retenção de água, na diminuição do escoamento superficial e na resistência aos processos erosivos (ALMEIDA, SANCHES, 2014; FIGUEIREDO, RAMOS, TOSTES 2008).

A MO proveniente dos resíduos vegetais pode ser utilizada para recuperação de áreas com pastagens degradadas, para evitar processos erosivos e proporcionar melhorias na fertilidade e na produtividade destes locais (VISCHI-FILHO, 2006). A exposição da fragilidade e da susceptibilidade do solo a degradação revela a necessidade das práticas conservacionistas para promover o uso sustentável das áreas cultivadas (DYONISIO, 2010).

Gomide, Silva e Soares (2011) com o objetivo de avaliar as propriedades do solo e a influência da cobertura vegetal nas voçorocas, observaram que o menor aporte de nutrientes diminuiu os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P em virtude da retirada da matéria orgânica e através da

lixiviação, por outro lado, a acidez potencial e a saturação por alumínio aumentaram. Conforme Ronquim (2010) as argilas, os óxidos de alumínio, os óxidos de ferro juntamente com as substâncias húmicas que são liberadas pela decomposição da MO, constituem os coloides com carga no solo e interferem na fertilidade do mesmo, pois podem afetar a liberação e a adsorção de íons em decorrência das interações organominerais.

A formação de complexos com a MOS pode reduzir a presença de elementos tóxicos para as plantas (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015), aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC), melhorar o poder de tamponamento e disponibilizar nutrientes: K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn (FREITAS *et al.*, 2017).

Em plantios com 4 cultivares de abacaxizeiro, Correia *et al.* (2017) avaliaram a contribuição do gesso e de aproximadamente 18 t há⁻¹ de massa seca de milho em cobertura aos atributos químicos do solo, concluíram que o tratamento com milho, alterou de forma significativa o pH (de 4,72 para 4,92), o teor de fósforo (11,83 para 74,51 mg dm⁻³), de matéria orgânica (14,4 para 17,2 g dm⁻¹), a CTC (3,04 para 3,47 cmolc/dm³) e a saturação de bases (61,92 para 67,99%) do local onde o experimento foi conduzido.

Pereira, M. *et al.* (2013) argumentaram que o plantio direto visa assemelhar-se a uma área não alterada, por isso contribuem com o aumento das populações microbianas, com o aporte de MOS e com o sequestro de carbono 5,2 a 8,5 Mg C ha⁻¹ a mais em relação ao sistema de manejo convencional. Corroborando com o trabalho de Figueiredo, Ramos e Tostes (2008) que não encontraram diferenças estatísticas entre a quantidade de MO (2,42 dag.kg⁻¹ e 2,47 dag.kg⁻¹, respectivamente) do cerrado nativo com a do plantio direto, pois os restos culturais em superfície minimizaram os impactos na estrutura do solo. Por outro lado, o uso intensivo do solo por monoculturas, promoveu diminuição nos teores de nutrientes: carbono e nitrogênio nas plantações de café (MACHADO, L. *et al.*, 2014).

Além de afetar os aspectos físicos e químicos, sistemas de cultivos com uso excessivo do solo impactam nos aspectos biológicos, pois interferem na transformação dos resíduos orgânicos que fornecem alimento e energia para a biota edáfica (SELLE, 2007). Em áreas com solo exposto, Conceição *et al.* (2005) relataram a diminuição de 88,4% do carbono na biomassa dos microrganismos e de 89,7% na capacidade de mineralização do carbono para o solo quando comparado ao campo natural.

Segundo Andreola e Fernandes (2007) além de estarem envolvidos com as modificações bioquímicas da MOS, a estrutura corporal da própria biomassa microbiana é fonte potencial para nutrição vegetal. Como a cinética de ciclagem das suas células é dez vezes mais

rápido que os componentes da matéria orgânica do solo, impactam significativamente na homeostase desse ecossistema.

De acordo com Malézieux e Bartolhomew (2003), apesar do abacaxizeiro absorver N e K em grandes quantidades, a extração e o acúmulo pelos órgãos da planta variam com a fenologia e se distribuem de diferentes maneiras anatomicamente e fisiologicamente. De acordo com os autores, as folhas e o caule são as partes que mais acumulam os nutrientes, por conseguinte, aproximadamente 75% e 25% sequencialmente, daquilo que foi extraído pode voltar ao solo através da dinâmica de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais.

2.4 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais

Conforme Siqueira e Moreira (2002) a transformação da matéria orgânica é um processo complexo, multifatorial, dependente da microbiota existente no solo e das modificações bioquímicas que promovem, ao converterem materiais orgânicos em inorgânicos acabam interferindo na dinâmica solo-planta-atmosfera e no equilíbrio do ecossistema.

Embora a MO funcione como um reservatório para alguns nutrientes, para contribuir com a nutrição das culturas necessita de um conjunto de reações desempenhadas pela biomassa microbiana nos processos de decomposição e mineralização (CHIODINI *et al.*, 2013). O metabolismo microbiano interfere na velocidade de disponibilização dos nutrientes, pois estes podem tanto liberar (mineralizar), como drenar (imobilizar) nutrientes (MACHADO, D. *et al.*, 2012).

O processo de mineralização e de imobilização são frequentes no solo e podem ocorrer de forma concomitante (CHAVES; LEBLANC; CERRATO, 2014). Segundo Asghar e Kanehiro (1976) que avaliaram a decomposição dos resíduos de abacaxizeiro e da cana de açúcar, a imobilização poderia acontecer quando os macronutrientes fossem utilizados pelos microrganismos para a formação de novas células e durante a formação de complexos lignoproteicos, por isso, recomendaram o uso dos fertilizantes nitrogenados nos estágios iniciais de decomposição da MO, para minimizar os efeitos da imobilização e impedir que as culturas cresçam em déficit de nitrogênio.

De acordo com Paula, J. *et al.* (2013) a quantidade de matéria orgânica a ser adicionada no solo com finalidade agrícola deve ser em função da taxa de mineralização tanto para atender as exigências das culturas, quanto para sustentabilidade ambiental.

Carvalho, F. *et al.* (2006) com o objetivo de criar um modelo de equações para recomendação de adubação para cultura do milho, compararam os dados por eles obtidos, com

as tabelas usuais de recomendação para os estados de Minas Gerais e São Paulo e observaram que neles haviam subestimações quanto a dose de adubo mineral a ser aplicada, pois ignoravam que em plantios sucessivos os restos culturais poderiam restituir parte dos nutrientes ao solo. De acordo com Santos *et al.* (2009) informações desatualizadas e sem acurácia podem comprometer a produção, acrescentaram que parte das recomendações de adubação existentes para o abacaxizeiro em âmbito nacional, não são padronizadas e impactam no rendimento da cultura.

No contexto econômico, Santos, F. *et al.* (2014) destacaram a importância de entender a decomposição e a liberação dos macronutrientes da palhada de milho e braquiária, para auxiliar na dose de adubo a ser aplicada nos diferentes estágios da planta. De acordo com eles, decorridos 110 dias da decomposição, os teores de N, P, K quantificados, poupariam R\$ 243,38 ha⁻¹ em gastos com fertilizantes minerais, o valor pode parecer pequeno, mas ao considerar a área total da propriedade, a diminuição dos custos chegaria a R\$ 3.650.700,00.

Um conjunto de fatores pode influenciar na ciclagem da MO e conseqüentemente na cinética de liberação dos nutrientes para aproveitamento nos cultivos, entre os fatores ambientais tem se a temperatura e umidade, o pH, a quantidade de resíduos, tamanho das partículas, teor de argila, práticas de correção nos atributos químicos do solo (ALVARENGA, *et al.*, 2001; DORA *et al.*, 2019; MACHADO, D. *et al.*, 2012; SILVEIRA *et al.*, 2010; SORATTO, *et al.*, 2012).

Além destes, Leite e Galvão (2008) citaram a importância do oxigênio para oxirredução da MO pelos microrganismos quimioheterotróficos, por consequência, sistemas que fazem revolvimento e incorporação dos resíduos no solo criam um ambiente aeróbico propício para aumento da atividade microbiana e aceleração do processo de decomposição.

Uma técnica utilizada para mensurar a atividade microbiana no solo consistente em verificar as concentrações de gás carbônico, altas taxas de liberação de CO₂ pode ser observada em ambientes úmidos com faixas ideais de temperaturas (QUEMADA; CABRERA, 1997). Leticia-Neto *et al.* (2014) com o objetivo de avaliar o efeito de plantas de cobertura sobre o metabolismo microbiano, em cultivos consorciado de maracujá, abacaxi, mandioca e milho concluíram que a respiração edáfica era alta em períodos chuvosos e que diminuiu durante estações secas, assim como as emissões de gás carbônico.

Os fatores ambientais atuam sobre resíduos com diferentes origens e propriedades, as taxas observadas de decomposição podem variar com a composição e o tipo do material (ANDREOTTI, *et al.*, 2015). Em materiais orgânicos com relação ideal de C/N é possível verificar liberação rápida de nutrientes (YAMAGUCHI, *et al.*, 2013). Por outro lado, resíduos

com celulose, lignina e hemicelulose serão mais resistentes a decomposição e por isso contribuem de forma lenta e gradual com a fertilidade dos solos (BENEDETTI, 2014). Quanto ao teor de cada nutriente mineralizado, este pode ser influenciado pela localização e função do mesmo na estrutura da planta (SIGNOR; DIONISIO, 2016).

Chacón, *et al.* (2011) relacionaram a mineralização observada ao teor de polifenóis no resíduo e sua habilidade em formar complexos recalcitrantes com proteínas. Conforme Santos, M. *et al.* (2001) o teor de polifenóis totais para o cultivar “Pérola” foram nessa ordem: 0,77 e 0,55 g 100⁻¹ para as folhas e caule. Outros compostos de difícil degradação também estão presentes nesta cultura. Carvalho, V. *et al.* (1991) encontraram durante 180 dias de avaliação os seguintes teores médios de celulose, hemicelulose, lignina e carboidratos insolúveis respectivamente iguais a: 18,15; 16,10; 6,07; 40,43 %.

Além dos fatores citados anteriormente, as taxas de decomposição variam ao longo do tempo e com o tipo de manejo adotado (PEGADO *et al.*, 2008). Dessa maneira, a deposição de resíduos pode interferir nos atributos e na fertilidade do solo (CARNEIRO, M., *et al.* 2009). Model e Sander (1999) encontraram diferenças na produtividade do abacaxizeiro para preparo do solo com resíduo em superfície e incorporado, alertaram que o rendimento da cultura poderá ser afetado se não houver o manuseio adequado dos resíduos como: a fragmentação e a exposição ao sol tanto para acelerar o processo de decomposição e liberação dos nutrientes quanto para salubridade das mudas.

Anteriormente, foram citados fatores que interferem na dinâmica de decomposição e mineralização dos resíduos. Em experimento com plantas de cobertura Moura (2019), encontrou a perda de massa para os resíduos de milho respectivamente iguais a: (63,5; 88; 96,9; 61; 66%) para N, P, K, Ca, Mg; T_{1/2}(168, 67, 63, 168, 173 dias) e teor liberado (63, 35, 62, 30, 20 kg há⁻¹). Aita e Giacomini (2003) encontraram maior liberação de N por volta dos 15 dias para as plantas de cobertura avaliadas, conforme estes autores entre 29 a 82 dias que é um período crítico (demanda vegetal) para maioria das culturas a liberação desse macronutriente não era correspondente, isso reforça a importância do manejo adequado dos resíduos vegetais remanescentes nas áreas agrícolas e da necessidade de conhecer a viabilidade destes na nutrição de cultivos subsequentes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época da realização do experimento

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN-ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais, situado no município de Montes Claros-MG no norte do estado de Minas Gerais, localizado na latitude 16°40'57,70 sul, longitude 43°50'19,62"Oeste. O clima da região é classificado segundo Köppen-Geiger como Aw tropical de savana. O trabalho foi conduzido durante 4 meses, no período de 15 de julho de 2016 a 04 de novembro de 2016 no laboratório de Análise de Resíduos para Aproveitamento Agrícola.

3.2 Características físicas e químicas do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias, e classificado como Cambissolo (EMBRAPA, 2006). Para determinar os atributos do solo, foram coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, aproximadamente 50 dm³ de solo que foi seco ao ar, passado em peneira de malha de 4 mm para caracterização física e química (TABELA 1).

Tabela 1- Caracterização física e química do Cambissolo háplico utilizado no estudo (camada de 0-20 cm de profundidade)

pH	P-rem	P-Mel	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB t	T	V	MO	CO	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	mgL ⁻¹	Mg dm ⁻³				-----cmolc dm ⁻³ -----				%			-----dag.kg ⁻¹ -----		
6,6	31,7	18,3	157	7,6	2,2	0	1,07	10,2	11,3	91	28,9	16,7	24	54	22

Fonte: Laboratório de solo-UFGM

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial 3 x 9, composto por três manejos, dois deles com resíduos de abacaxizeiro, sendo um com material vegetal depositado em superfície (0-10cm) e o outro com resíduos incorporados (10-20cm) e um tratamento controle sem resíduos de abacaxizeiro, com nove tempos de incubação (0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 dias após a implantação-DAI).

3.4 Unidades experimentais

A unidade experimental constituiu-se de 0,3 dm³ de solo acomodados em recipientes plásticos de 500 mL. Acondicionou-se no interior desses recipientes bolsas de decomposição (*litter bags*) elaboradas em tecido de poliamida, com malha de 2mm com dimensões equivalentes a: 0,0064 m² (FIGURA 1).

Figura 1 Imagens ilustrativas das Bolsas (*litter bags*) de decomposição dos resíduos vegetais de abacaxizeiro



Fonte: Autor, 2016.

As bolsas de decomposição continham 7,4 g de matéria seca, correspondente a 15 t ha⁻¹. Os resíduos vegetais do abacaxizeiro, composto por folhas e caule, no final do ciclo da cultivar Pérola, foram fracionados em partes de aproximadamente 2 cm e secos em estufa com circulação de ar a 65°C por 48 horas. Posteriormente, as unidades experimentais foram umedecidas com 120 mL de água destilada para manutenção de 60% da porosidade total do solo.

Os recipientes foram vedados na parte superior e, a cada dois dias, os potes foram abertos por 15 min para realização das trocas gasosas (FIGURA 2). A umidade do solo foi corrigida constantemente através da pulverização de jatos de água, para manutenção da capacidade de campo. Transcorridos os tempos de avaliação, as bolsas de decomposição foram separadas do solo e secas em estufa (65 °C) até atingir massa constante, foi feita a caracterização da perda de matéria seca do material e em seguida, os resíduos foram triturados em moinho tipo Willey peneira de 2mm para análise do teor dos macronutrientes.

Figura 2- Imagens ilustrativas das unidades experimentais de decomposição de resíduos, abertas para realização das trocas gasosas



Legenda: a) Unidades experimentais com os resíduos de abacaxizeiro aplicados na superfície do solo 0-10 cm

b) Unidades experimentais com os resíduos de abacaxizeiro incorporados ao solo, 10-20 cm de profundidade

Fonte: Autor, 2016.

3.5 Características analisadas

3.5.1 Análise dos resíduos

A análise química dos macronutrientes C, N, K, P, nos resíduos vegetais seguiu o método descrito por Tedesco (1995). Utilizou-se a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) para determinação dos teores de Mg e Ca.

Conforme Maluf *et al.* (2015a) através do teor de cada nutriente (TN) e da massa seca remanescente (MSR), foi calculado o conteúdo dos nutrientes remanescentes (CNR) dos resíduos vegetais de acordo com a equação 1:

$$\text{CNR}_{(\text{mg})} = [(\text{TN} * \text{MSR}) / 1000] \quad \text{Eq. 1}$$

Tendo como base o CNR, o conteúdo inicial do nutriente (CI), o conteúdo final do nutriente remanescente (CF) calculou-se a quantidade mineralizada (QM) e a porcentagem mineralizada (PM) por meio das equações 3 e 4.

$$\text{QM}_{(\%) } = \text{CI} - \text{CF} \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{PM}_{(\%) } = [(\text{CF} * 100) / \text{CI}] \quad \text{Eq. 3}$$

3.5.2 Perdas de massa seca através de modelagem matemática

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais foi utilizado o modelo matemático proposto por Thomas e Asakawa (1993) em que: X é a quantidade de fitomassa seca remanescente após determinado tempo (t), X_0 a quantidade inicial de fitomassa seca, k é a constante de decomposição, calculado conforme equação 4:

$$X = X_0 e^{-k \cdot t} \quad \text{Eq. 4}$$

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) que fornece o tempo necessário para decomposição de 50% da massa do resíduo e o tempo necessário para que 95% dos resíduos se decomponham ($t_{0,05}$) foi obtido conforme Paul e Clark (1989) na equação 5 e 6:

$$T_{1/2} = 0,693/k \quad \text{Eq. 5}$$

$$T_{0,05} = 3/k \quad \text{Eq. 6}$$

3.5.2 Análise do solo

O solo de cada unidade experimental foi seco ao ar livre, fragmentado e homogeneizado para caracterização dos atributos químicos. A análise dos macronutrientes (C, N, K, P, Ca e Mg) foi feita através do manual de métodos de análise do solo proposto pela EMBRAPA (1997).

3.6 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%, para o fator quantitativo ajustou-se modelos de regressão que foram escolhidos com base na significância dos coeficientes e no potencial para explicar as variáveis biológicas em questão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Matéria seca e macronutrientes remanescente no resíduo de abacaxizeiro

O conteúdo de matéria seca, os teores dos macronutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg) remanescentes e a relação C/N para os resíduos de abacaxizeiro durante 112 dias de incubação (DAI) em superfície ou incorporado ao solo (TABELA 2).

O teor inicial médio dos macronutrientes nos resíduos vegetais de abacaxizeiro foram: 0,84; 0,07; 1,88; 0,46; 0,53 dag kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg. Resultado parecido foi encontrado por Asghar e Kanehiro (1976) com a seguinte proporção 0,88, 0,08, 0,75, 0,31, 0,15 dag kg⁻¹.

Tabela 2- Massa de matéria seca remanescente (MSR), teor de carbono e macronutrientes (dag kg⁻¹) e relação C/N obtidas nos resíduos vegetais de abacaxizeiro após 112 dias de incubação em superfície e incorporado ao Cambissolo

Tempo	MSR	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N
-----g-----		-----dag kg ⁻¹ -----						
-----Incorporado-----								
0	7,40	52,88	0,86	0,06	1,91	0,48	0,48	61,40
14	4,53	43,88	0,92	0,07	0,25	0,64	0,77	48,01
28	3,48	46,88	0,92	0,08	0,25	0,76	0,86	50,99
42	3,15	39,56	1,05	0,07	0,11	0,76	0,89	38,19
56	2,70	44,25	1,04	0,15	0,04	0,64	0,94	42,98
70	2,30	38,81	1,14	0,09	0,04	0,72	1,08	34,41
84	2,35	42,19	1,28	0,09	0,04	0,80	0,98	33,33
98	2,38	34,88	1,23	0,09	0,04	0,84	1,20	28,62
112	2,23	36,75	1,31	0,09	0,04	0,76	1,20	28,15
Média	3,39	42,23	1,08	0,09	0,30	0,71	0,93	40,68
-----Superfície-----								
0	7,40	52,31	0,81	0,07	1,84	0,44	0,58	64,96
14	5,40	43,13	0,97	0,07	1,70	0,56	0,62	44,70
28	4,23	42,75	1,02	0,09	1,48	0,64	0,72	41,81
42	3,48	38,25	1,32	0,10	1,24	0,84	0,70	29,33
56	2,98	40,88	1,34	0,09	0,39	0,76	0,79	30,48
70	2,85	37,69	1,35	0,11	0,53	0,88	0,72	27,92
84	2,70	33,56	1,50	0,12	0,46	0,92	0,72	22,44
98	2,78	35,63	1,49	0,12	0,25	1,00	0,77	24,15
112	2,60	37,50	1,53	0,13	0,25	1,00	0,84	24,70
Média	3,82	40,19	1,26	0,10	0,90	0,78	0,72	34,50

Fonte: Do autor, 2017.

A relação C/N e os teores remanescentes médios de C, N, P, K, Ca, Mg dos resíduos aplicados na superfície corresponderam, respectivamente a: 34,50; 40,19; 1,26; 0,10; 0,90;

0,78; 0,72 dag kg⁻¹ enquanto no resíduo incorporado obteve-se as seguintes médias, dada essa mesma ordem: 40,68; 42,23; 1,08; 0,09; 0,30; 0,71; 0,93 dag kg⁻¹.

A massa seca remanescente, os teores de C, K e a relação C/N diminuíram com o período de incubação. Já os teores de N, P, Ca, Mg aumentaram em relação ao tempo inicial de avaliação (TABELA 2).

Souto *et al.* (2005) argumentaram que a perda de massa seca das bolsas de decomposição não indicam obrigatoriamente mineralização com disponibilização imediata de nutrientes para as plantas.

Inicialmente a decomposição de compostos simples contribui com a obtenção de alimento dos microrganismos para realizarem suas funções vitais, dentre essas a reprodução, que acarreta um aumento populacional da biomassa, competição por recursos e a imobilização de nutrientes (SELLE, 2007). Dessa maneira, no início do processo C, N, P, Ca, K, S e Mg podem ser retidos pelos microrganismos do solo e posteriormente serem liberados para as culturas (LEITE; GALVÃO, 2008).

A relação C/N inicial era de 60 para os dois manejos com resíduos, para o resíduo incorporado foi de 28 aos 98 dias e de 27 aos 70 dias para o resíduo em superfície. Vários autores relataram a importância da relação C/N para análise do processo de mineralização, quando esta estiver no intervalo entre 20-30 tem-se a equivalência entre os processos de imobilização e mineralização, a mineralização ocorre quando esta relação fica abaixo de 20, através da respiração microbiana e da sua demanda por C-oxidável, por consequência, ocorre a diminuição da relação C/N (SIQUEIRA; MOREIRA, 2002). No presente estudo, a composição do resíduo pode ter influenciado na decomposição, como a presença da lignina.

Nesse contexto, Acosta *et al.* (2014) em estudo sobre decomposição da fitomassa de plantas de cobertura observaram que a relação C/N associou-se diretamente com a resistência a decomposição e inversamente com o comportamento lábil destes. Em contraste com Oliveira, L. (2017) que encontrou baixa relação C/N para resíduos provenientes da carnicultura e do processamento de goiabas, mas apenas 20% de redução na matéria seca decorridos 90 dias de avaliação, por isso, esse autor citou a existência de compostos na constituição química destes resíduos que interferiram e limitaram o processo de decomposição.

Além da relação C/N a decomposição pode ser influenciada por outros fatores, dentre eles, o grau de maturação dos resíduos com presença de produtos metabólicos secundários de difícil degradação. Conforme Teixeira, M. *et al.* (2012) o maior tempo de meia vida, menor conteúdo de água e maior tempo para decomposição observada foi para o tratamento com resíduos com maior teor de lignina. Marcelo, Corá e Fernandes (2012) ao

analisarem diferentes tipos de materiais vegetais remanescentes, perceberam que os resíduos da crotalária e do guandu tiveram a menor relação C/N e baixa velocidade de decomposição, graças a quantidade de lignina presente.

É comum na literatura relacionar a recalcitrância dos restos culturais com a relação C/N e com as propriedades dos resíduos, todavia, conforme demonstraram Diniz E. *et al.* (2014), resíduos de mesma composição e maturidade apresentaram taxas diferentes de decomposição e mineralização do N, as diferentes doses aplicadas tinham potencial de aumentar o contato entre os resíduos com o solo e conseqüentemente proporcionar melhores condições para a atividade microbiana.

Quanto a massa seca remanescente essa era equivalente a: 35,3% para o manejo do resíduo em superfície e 31,5% para quando incorporado ao solo. Esses por sua vez, diferenciam entre si quanto a velocidade de decomposição (TORRES *et al.*, 2005). Para Carvalho, A. *et al.* (2008) a aplicação do resíduo em superfície diminui a decomposição e a liberação dos nutrientes. Da mesma forma, Freitas, Araújo e Silva (2012) avaliaram a decomposição de esterco caprino e bovino em função da profundidade do solo, observaram que as taxas de decomposição eram maiores em camadas mais profundas, em relação a superfície (0-10 cm).

Tam e Magistad (1935) observaram que os açúcares redutores nos resíduos do abacaxizeiro diminuíram seus teores de 5,94% para 2,61% já nas primeiras semanas, apesar dessa redução rápida de massa seca inicialmente, ao chegar no final das 35 semanas de avaliação não seria possível identificar liberações de nutrientes expressivas assim, porque os materiais que permaneciam nos resíduos: hemiceluloses, celulose, lignina, proteínas brutas, complexos entre a lignina com a celulose e com proteínas, eram resistentes a decomposição.

Para Steiner (2012) a taxa de degradação da matéria orgânica é influenciada pela temperatura e umidade. Boer *et al.* (2007) ao analisarem a ciclagem de nutrientes com plantas de cobertura observaram que o aumento do tempo de meia-vida e menor taxa de decomposição da biomassa, coincidiu com períodos de baixas temperaturas e pluviosidade. No solo os processos de secagem e umedecimento podem provocar aumento na velocidade de decomposição dos resíduos (SOUTO *et al.*, 2005).

Para as condições de laboratório, Maluf *et al.* (2015a) observaram que o ciclo de umedecimento do resíduo das plantas de cobertura propiciou o aparecimento de fungos primeiramente nos resíduos e depois no solo, favorecendo o processo de liberação de nutrientes. Neste presente trabalho, possivelmente a velocidade da degradação dos resíduos foi influenciada pela temperatura (em torno de 35°C) e pela umidade mantida na capacidade de campo para as unidades experimentais.

Similarmente a Tam e Magistad (1935) que em condições de laboratório o controle da umidade proporcionou a decomposição de caules de abacaxizeiro em três meses. Já em campo quase nove meses depois da aplicação dos resíduos restavam 9% da folha e 19% do caule para serem decompostos. Para os autores, essa diferença se deu por três principais fatores incontroláveis: pelo tamanho do resíduo, já que no campo a planta não é fragmentada em partes menores para se decompor, oscilações da umidade que geralmente é baixa retardando o processo de decomposição e ao suprimento de nitrogênio para a relação C/N.

O tempo necessário para que 50 ($t_{1/2}$) e 95% ($t_{0,05}$) dos resíduos sofressem decomposição (TABELA 3) foi 13 e 57 dias para o manejo incorporado, já para o resíduo em superfície o tempo foi de: 18 e 77 dias. Crusciol *et al.* (2005) em estudo com nabo forrageiro encontraram que transcorridos 53 dias de incubação, somente 27,5% da biomassa vegetal ainda permanecia no resíduo, enquanto que o resíduo de abacaxizeiro incorporado ao solo aos 57 dias tinha-se cerca de 34,6%. Nesse sentido, Alves *et al.* (2006) acrescentaram que o tipo de resíduo e o tempo de avaliação interferem na cinética da mineralização.

Tabela 3- Tempo de meia vida ($T_{1/2}$), $T(0,05)$ constante de decomposição (K) valores de R² ajustados

Manejo	Parâmetros da equação de decomposição			
	K	$T_{0,5}$	$T_{0,05}$	R ²
	----- Massa seca -----			
Incorporado	0,053	13	57	0,99
Superfície	0,039	18	77	0,99
	----- Carbono -----			
Incorporado	0,058	12	52	0,98
Superfície	0,048	14	63	0,99
	----- Nitrogênio -----			
Incorporado	0,071	10	42	0,98
Superfície	0,044	16	68	0,94
	----- Potássio -----			
Incorporado	0,19	4	16	0,99
Superfície	0,03	23	100	0,99
	----- Fosforo -----			
Incorporado	0,069	10	43	0,94
Superfície	0,073	9	41	0,89
	----- Cálcio -----			
Incorporado	0,03	23	100	0,93
Superfície	0,043	16	70	0,66
	----- Magnésio -----			
Incorporado	0,031	22	97	0,79
Superfície	0,035	20	86	0,97

Fonte: Do autor, 2017

O tempo de meia vida (TABELA 3) para os macronutrientes nos resíduos em superfície foram correspondentes a: 9, 14, 16, 16, 20, 23 dias para P, C, N, Ca, Mg, K. Embora para os resíduos incorporados ao solo a sequência tenha sido: 4, 10, 10, 12, 22, 23 dias para K, N, P, C, Mg, Ca. Giongo *et al.* (2011) em experimento com várias leguminosas relacionaram com base no tempo de meia vida de forma decrescente a mineralização dos nutrientes da seguinte maneira: K, N, Ca, Mg, P com tempos médios de meia vida de 49, 68, 78, 79,88 dias. Por outro lado, Gama-Rodrigues *et al.* (2007) ao avaliarem a contribuição da decomposição de resíduos de plantas de cobertura encontraram a seguinte ordem de liberação dos macronutrientes: K, N, Mg, P, Ca. Além disso, correlacionaram a mineralização desses nutrientes, exceto o K, com a redução da matéria seca.

Nesse estudo, o manejo dos resíduos influenciou no tempo de meia vida dos macronutrientes. Conforme Diniz, J. *et al.* (2019) os menores valores observados do tempo de meia vida e da constante de decomposição para os resíduos de *Urochloa Ruziziensis* foram encontrados quando a palhada estava incorporada ao solo e isso poderia ser resultado da proximidade com o microrganismo que é maior em relação aos resíduos em superfície.

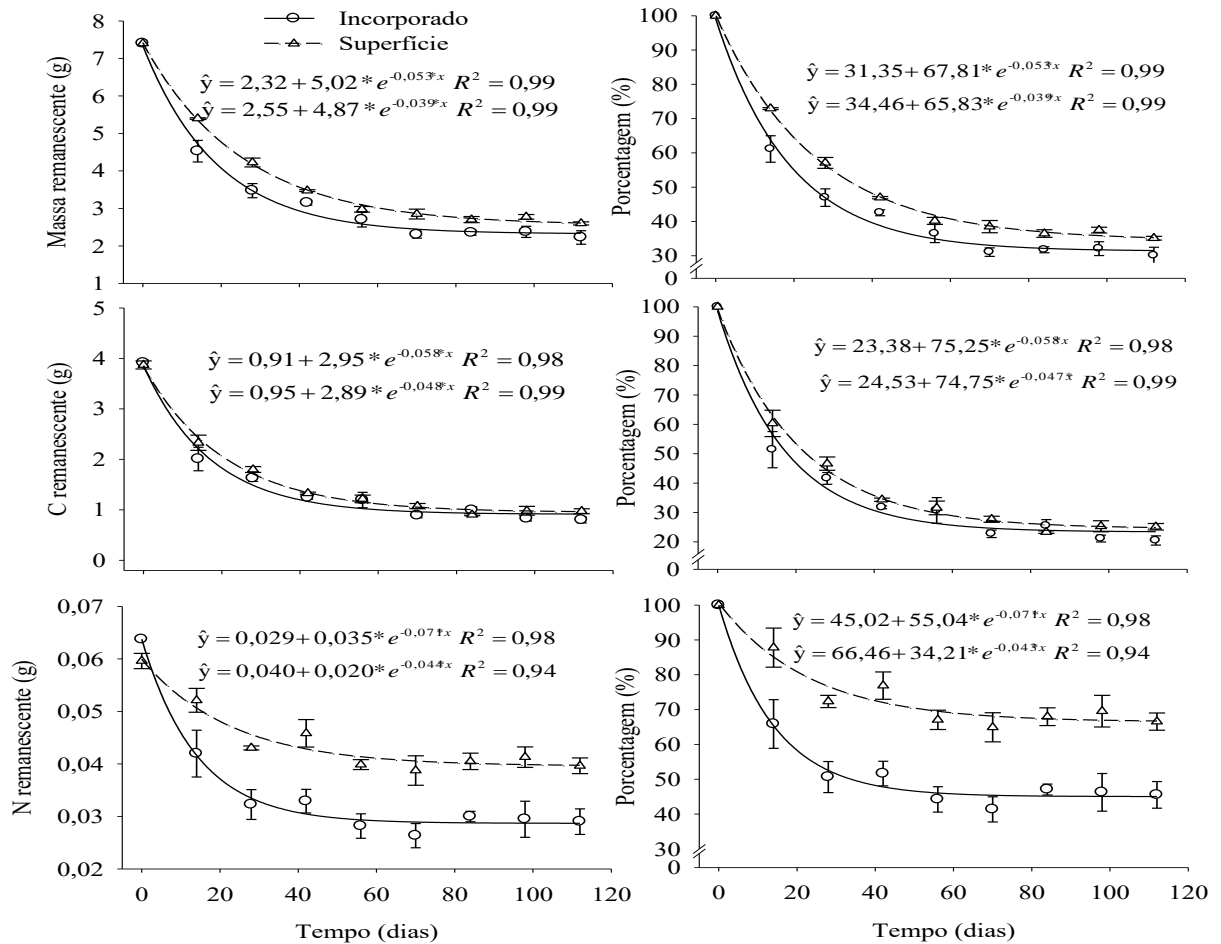
4.2 Porcentagem remanescente dos macronutrientes no resíduo de abacaxizeiro e quantidade mineralizada

O ajuste ao modelo matemático da relação entre o conteúdo de matéria seca remanescente ($R^2 = 0,99$ e $0,99$); do conteúdo de C ($R^2 = 0,98$ e $0,99$) e do teor de N ($R^2 = 0,98$ e $0,94$) nessa ordem, para os resíduos incorporados e em superfície, em relação ao tempo de deposição dos resíduos com as respectivas variações na perda de massa (FIGURA 3).

Decorridos 112 DAI a porcentagem remanescente de C (FIGURA 3) para o resíduo incorporado e em superfície foi equivalente nesta ordem a: 23,5% e 24,9%, respeitada essa sequência, a quantidade mineralizada de C (TABELA 4) foi: 112,69 mg e 2897,44 mg. Segundo Vasconcellos *et al.* (1999) isso ocorre porque os resíduos em superfície contribuíram para maiores taxas de imobilização de carbono, do que os resíduos incorporados ao solo. Conforme Asghar e Kanehiro (1976) os microrganismos decompõem o carbono dos resíduos de abacaxizeiro mesmo na ausência de uma concentração ideal de nitrogênio, assim, resíduos depositados sobre o solo por terem menor contato com a biomassa microbiana, apresentam maior conteúdo de carbono remanescente sem ser metabolizado pelos microrganismos. Isso foi observado por Carmo *et al.* (2012), que encontraram maiores teores de carbono orgânico total e particulado na superfície do solo, reduzindo significativamente com a profundidade.

Se a camada superficial apresenta altas concentrações de C, a relação C/N será maior e sob a influência de fatores ambientais poderá afetar a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes para o solo (NEVE; HOFMAN, 1999).

Figura 3-Massa seca (Massa remanescente), Carbono orgânico (C remanescente) e N total (N remanescente) remanescentes em gramas (g) e porcentagem (%) obtidas durante o período de 112 dias de incubação de resíduos de abacaxizeiro na superfície e incorporado ao solo



Fonte: Autor, 2017

Quanto ao comportamento do N remanescente, seu teor correspondeu a 45% para o resíduo incorporado e a 66,7% para quando manejado em superfície. Gonzalez *et al.* (2019) para pré-compostagem e vermicompostagem durante 60 dias com resíduos de abacaxizeiro e resíduos vegetais de alface, acelga, couve, espinafre, agrião, acelga, brócolis e cascas de ovos, determinaram o teor de nitrogênio no resíduo de abacaxizeiro antes e após o processo, o valor inicial desse macronutriente era de 3,1% e foi reduzido a 1,5% o que correspondente a 48,4% de N remanescente para os 10 kg de resíduos utilizados.

A quantidade mineralizada de N foi de 34,72 mg (incorporado) e 19,97 mg (em superfície). Santos, F. *et al.* (2014) também encontraram diferenças para a liberação de N em

relação a variação na profundidade de deposição dos resíduos no solo. Magalhães (2018) em trabalho com composto orgânico obteve somente cerca de 2,21% liberado de N ao final da avaliação de 63 dias. Torres, J. *et al.* (2005) em experimento com diferentes plantas de cobertura, mencionaram que no primeiro ano de avaliação a maior liberação de N ocorreu cerca de 42 dias após o manejo. Para os resíduos de abacaxizeiro aos 42 dias foi liberado cerca de: 70% e 65% para o resíduo incorporado e em superfície (TABELA 4).

Vargas e Scholles (1998) observaram maior teor de N na biomassa microbiana para a camada superficial do solo, para áreas com plantio direto; com aveia, milho e caupi, segundo esses autores tal fato poderia evidenciar facilidade de imobilização do N nessa camada. Em altas relações C/N existe deficiência na concentração de nitrogênio, assim, os microrganismos buscam outras fontes além do resíduo, como o nitrogênio na forma mineral e o nitrogênio orgânico no solo (GONÇALVES *et al.*, 2019). Dessa forma, esse teor de N utilizado fica retido pelos microrganismos (VARGAS; SELBACH; SÁ, 2005).

Tabela 4- Conteúdo médio inicial (CI) e final (CF), quantidade mineralizada (QM) até 112 dias após início da incubação, porcentagem mineralizada (PM) de Carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio dos resíduos de abacaxizeiro aplicados na superfície

Manejo	CI	CF	QM	PM	Equação (CNM)
	-----mg-----		-----%-----		
-----Carbono-----					
Inc	3912,75	800,06	3112,69	79,55	$\hat{y} = 2995,36 * (1 - e^{(-0,0596*t)}) R^2 = 0,98$
Sup	3871,13	973,69	2897,44	74,85	$\hat{y} = 2917,06 * (1 - e^{(-0,0483*t)}) R^2 = 0,99$
-----Nitrogênio-----					
Inc	63,72	29,01	34,72	54,48	$\hat{y} = 35,04 * (1 - e^{(-0,0710*x)}) R^2 = 0,98$
Sup	59,61	39,64	19,97	33,50	$\hat{y} = 20,05 * (1 - e^{(-0,0429*x)}) R^2 = 0,94$
-----Fósforo-----					
Inc	4,67	1,98	2,70	57,67	$\hat{y} = 2,57 * (1 - e^{(-0,0677*x)}) R^2 = 0,99$
Sup	4,86	3,43	1,43	29,46	$\hat{y} = 1,67 * (1 - e^{(-0,0731*x)}) R^2 = 0,88$
-----Potássio-----					
Inc	141,23	0,78	140,44	99,45	$\hat{y} = 139,11 * (1 - e^{(-0,1900*x)}) R^2 = 0,99$
Sup	136,00	6,43	129,57	95,27	$\hat{y} = 137,59 * (1 - e^{(-0,0293*x)}) R^2 = 0,99$
-----Cálcio-----					
Inc	35,52	16,92	18,60	52,36	$\hat{y} = 18,97 * (1 - e^{(-0,0292*x)}) R^2 = 0,93$
Sup	32,56	26,00	6,56	20,15	$\hat{y} = 07,14 * (1 - e^{(-0,0415*x)}) R^2 = 0,65$
-----Magnésio-----					
Inc	35,52	26,64	8,88	25,00	$\hat{y} = 10,74 * (1 - e^{(-0,0273*x)}) R^2 = 0,78$
Sup	42,62	21,86	20,76	48,70	$\hat{y} = 22,79 * (1 - e^{(-0,0343*x)}) R^2 = 0,97$

Inc.=incorporado; Sup. =superfície;

Fonte: Autor, 2017

Em outro ponto de vista, Carneiro, W. *et al.* (2013) não encontraram relação entre C/N com o teor de N mineralizado, conforme tais autores o que regula este processo e a concentração de N total e do C solúvel, ainda, recomendaram não olhar somente a relação C/N como determinante do processo de liberação de nitrogênio.

Segundo Crusciol *et al.* (2005) como a planta absorve o nitrogênio em maiores quantidades, tem uma quantidade acumulada maior para ser liberada. Dessa maneira, é possível encontrar diferentes taxas de mineralização para esse macronutriente.

O comportamento da massa de P (R^2 0,99 e 0,88), K (R^2 0,99 e 0,99), Ca (R^2 0,93 e 0,65) e Mg (R^2 0,78 e 0,97) para o resíduo incorporado e em superfície sequencialmente, ao longo do DAI (TABELA 4). A menor correlação observada foi para o teor de Ca em superfície e do Mg incorporado ao solo. Os ajustes aos modelos evidenciaram variações nas taxas de decomposição com fases distintas, uma rápida seguida por outra um pouco mais lenta (CARNEIRO, D. *et al.*, 2014). Isso acontece até alcançar um equilíbrio dinâmico com liberação gradual de nutrientes (ABREU-JUNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2002).

Ao final da avaliação a quantidade de P contido nos resíduos foi equivalente a: 47 e 66% para incorporação e deposição na superfície do solo. Para o P a quantidade mineralizada foi 2,70 mg e 1,43 mg na devida ordem para os resíduos incorporados e em superfície. Giacomini *et al.* (2003) encontraram aos 15 dias fósforo remanescente de 60% para os resíduos da ervilhaca e 90% da aveia. Conforme relataram parte do P fica no vacúolo vegetal e este deve ser rompido, com as chuvas o fósforo foi lixiviado e restou apenas compostos insolúveis em água. Apontaram que mesmo com baixa relação C/N, o fósforo demorou ser mineralizado e atribuíram isso ao estado fenológico de colheita dos resíduos.

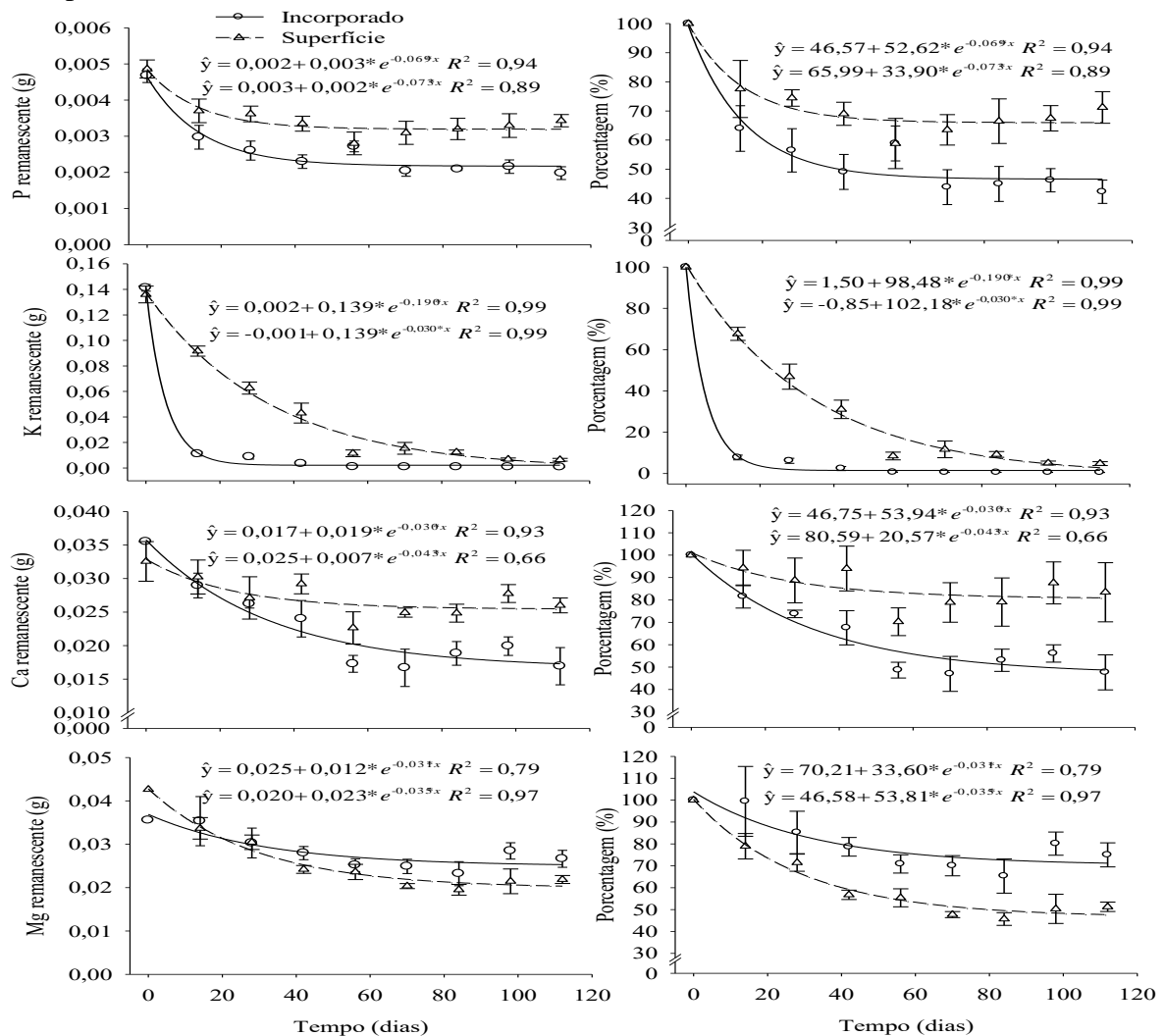
Já para Pavinato e Rosolem (2008) esse comportamento do P ocorre porque os resíduos depositados sobre o solo dificultam a ação dos microrganismos e retardam a velocidade de decomposição dos mesmos. Conte, Anghinoni e Rheinheimer (2002) mencionaram que o microrganismo possui importante papel no ciclo do fósforo, pois funciona como reserva do nutriente por mais tempo e ainda evita a adsorção desse as frações do solo.

Após 112 DAI o teor de K na massa seca remanescente de abacaxizeiro (FIGURA 4) correspondeu a: 1,5% e 2,7% para o resíduo incorporado e em superfície. Heinz *et al.* (2011) observaram redução do teor nos resíduos de nabo em 95,5% em apenas 45 dias. Benedetti (2014) decorridos 350 dias de avaliação observou taxas de 11 a 21 % para palhada de cana de

açúcar em relação a variação nas doses de fitomassa. Para matéria seca de abacaxizeiro, aos 15 dias esse valor era equivalente a: 7,2% e 64,3% nessa ordem para incorporado e superfície.

Leite *et al.* (2010) avaliaram a decomposição de milho, braquiária e do consórcio entre os dois, observaram que o K foi liberado mais rapidamente com 93%, 89% e 92% para braquiária; milho; milho + braquiária por volta dos 100 dias.

Figura 4-Conteúdo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) remanescentes obtidos durante o período de 112 DAI com resíduos de abacaxizeiro na superfície e incorporado ao Cambissolo



Fonte: Autor, 2017

A quantidade mineralizada aos 112 DAI para K (TABELA 4) foi 140,44 mg para o resíduo incorporado e 129,57 mg em superfície. Freitas, Araújo, Silva (2012) também relataram diferenças para o K liberado conforme as camadas de incorporação o solo. Apesar do conteúdo remanescente ao final da avaliação diferenciar pouco, percebe-se que no período inicial

apresentava diferença expressiva função do tipo de manejo. Soratto *et al.* (2012) relataram comportamento similar para o K, inicialmente ocorreu maior liberação e redução com o tempo. Segundo Santos e Meurer (2018) em estudo com levantamento de dados para leguminosas e gramíneas a liberação de P e K nos vários artigos analisados eram em função do manejo do solo.

A rápida liberação do K pode ser atribuída conforme Giacomini *et al.* (2003) ao fato que cerca de 70 % do K das células das plantas serem solúveis em água. Além disso, segundo Carneiro, D. *et al.* (2014) ele não tem função estrutural no vegetal e sua liberação ocorre por lixiviação. Por essas propriedades, Gama-Rodrigues *et al.* (2007) através do experimento com plantas de cobertura mencionaram a potencialidade do teor de K dos resíduos indicarem indiretamente a resistência ou facilidade para decomposição, sendo, um limitante junto com o Ca deste processo.

De acordo com Ahmed *et al.* (2001) em estudo com três diferentes manejos (decomposição *in situ* sem qualquer alteração, resíduo cortado e com resíduo queimado) para os resíduos de abacaxizeiro em solos de turfa tropical combinados com a aplicação de P e K aos 65, 135, 191 e 233 dias após o plantio. Observaram que os resíduos levaram cerca de 10 meses para se decompor, por isso a aplicação com fertilizantes minerais de potássio (188 kg há⁻¹) e fósforo (7 kg há⁻¹) realizada aos 233 dias após o plantio, seria desnecessária e portanto, a deposição desses resíduos no solo seria viável economicamente pois proporcionaria redução de custos.

Para Malézieux e Bartolhomew (2003) resíduos com frações solúveis são rapidamente decomponíveis e como consequência, também podem ser lixiviados. Relataram ainda que o abacaxizeiro exibe uma capacidade de absorção alta para o potássio, se esse existe em grandes quantidades na forma disponível a cultura e capaz de extrair até mais do que a quantidade que necessita no chamado consumo de luxo.

Conforme citado anteriormente, o tempo de meia vida encontrado para K incorporado foi de 4 dias e em superfície 23, nessa mesma sequência o $T_{(0,05)}$ foi de 16 e 100 dias. Na primeira avaliação de 15 dias, a quantidade liberada do resíduo foi cerca de 92,8% quando incorporado ao solo e apenas 35,7% quando em superfície. Segundo Py, Lacoeyllhe e Teison (1987) essa cultura exige pouco K inicialmente e esse deve ser manejado adequadamente, pois exerce função na intensidade da fotossíntese e transferência de produtos metabólicos. Como esse macronutriente é um fator limitante no período de florescimento, a deposição dos resíduos incorporados ao solo libera altas quantidades no início e não seriam aproveitados pela cultura, aumentando as chances de lixiviação, por outro lado, os resíduos em

superfície poderiam permanecer por mais tempo no solo e contribuir com o requerimento da cultura.

É importante verificar se épocas de maior liberação dos nutrientes estão em sincronia com a demanda nutricional da cultura para evitar perdas, conforme Cassol (2019) todas as plantas de cobertura avaliadas já tinham liberado as maiores concentrações de N nos 15 primeiros dias de avaliação e o milho não possui grande exigência por esse macronutriente nesse período, assim, deve-se alinhar essas informações para não afetar a produtividade (COSTA, N. *et al.*, 2015).

Mantovani *et al.* (2004) encontrou imobilização do N pelos microrganismos em estudo com resíduos de goiabas e ressaltou a importância desse processo para liberação gradual e lenta dos nutrientes ao solo, sendo vantajoso para culturas de ciclo longo. Além disso, é possível saber se as exigências das culturas subsequente serão atendidas parcial ou totalmente e se o tempo de liberação coincide com o período demandado pela planta (CALONEGO *et al.*, 2012a).

O teor de Ca e Mg apresentou a maior dose remanescente nos resíduos em relação aos outros macronutrientes, para o resíduo em superfície e incorporado respectivamente. Para o Ca o maior valor observado foi para o manejo em superfície com 80,75% em relação a 48,6% incorporado. Em contrapartida, o Mg teve maior massa remanescente para o resíduo incorporado com 71,25% em relação ao resíduo em superfície com 47,65%.

Os teores de Ca e Mg apresentaram as menores porcentagens de liberação equivalentes na devida ordem a: 20,15% e 25% para o manejo do resíduo em superfície e incorporado. Moraes *et al.* (2007) com nabo forrageiro encontraram a taxa de liberação para Ca variando entre 37 a 50% e a do Mg: 45% a 78%. Espindola *et al.* (2006) em estudo sobre a decomposição de leguminosas herbáceas, encontraram que decorridos 120 dias após a deposição dos resíduos, o Ca era o único macronutriente que não havia decomposto a metade da sua massa, evidenciada pelo maior tempo de meia vida (até 157 dias), relacionaram esse comportamento a função do Ca em componentes de difícil decomposição.

Oliveira, M. *et al.* (1999) ao analisarem a liberação de nutrientes da palhada de cana de açúcar encontraram a taxa de liberação de 44% e 39% para Ca e Mg. De acordo com os autores isso pode ser explicado pelo fato destes comporem moléculas e compostos iônicos solúveis.

Por outro lado, Carpim *et al.* (2008) encontraram as menores taxas de mineralização dos macronutrientes (Ca, P e Mg) nos resíduos de milho na fase inicial de florescimento,

correlacionaram a dinâmica de liberação desses nutrientes ao período fenológico avaliado, pois com o passar do tempo a planta tende a produzir substâncias recalcitrantes.

4.3 Alterações dos atributos químicos do solo com aplicação de resíduos de abacaxizeiro

A análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) demonstrou ser significativa a interação das fontes de variação com os atributos químicos do Cambissolo (TABELA 5). O manejo dos resíduos foi significativo para todos os atributos do solo avaliados. Segundo Leticia-Neto *et al.* (2017) a maneira como os resíduos são deposição no perfil do solo pode afetar as taxas de decomposição e a cinética de mineralização.

Tabela 5- Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo no decorrer dos 112 dias de incubação (Tempo) sem resíduo vegetal de abacaxizeiro, com resíduo incorporado ou aplicado na superfície do Cambissolo (Manejo)

FV	GL	Quadrado médio					
		P	P-rem	K	Ca	Mg	
Manejo (M)	2	5,680**	35,903**	392226,3981**	4,727**	1,706**	
Tempo (T)	8	0,190*	53,852**	55365,668**	0,366**	0,558**	
M versus T	16	0,233**	8,412*	11413,429**	0,273**	0,261ns	
M-1	8	0,058ns	19,041**	2179,125**	0,234*	0,286ns	
M- 2	8	0,202*	29,509**	34088,215**	0,484**	0,556**	
M- 3	8	0,396**	22,128**	41925,187**	0,195*	0,239ns	
Resíduo	81	0,080	4,489	272,095	0,087	0,172	
CV (%)		14,680	8,000	5,120	4,010	21,030	
Média		1,937	26,491	321,953	7,375	1,975	

FV	GL	Quadrado médio						
		pH	H+Al	SB	t	T	V	C.O.
Manejo (M)	2	1,178**	0,192**	11,417**	11,640**	11,609**	29,411**	5,248**
Tempo (T)	8	0,383**	0,256**	0,373ns	0,348ns	0,543ns	21,855**	0,253**
M versus T	16	0,044**	0,054**	0,327ns	0,289ns	0,336ns	3,876**	0,337**
M-1	8	0,981**	0,135**	0,249ns	0,218ns	0,571*	8,678**	0,883**
M- 2	8	0,109**	0,148**	0,468ns	0,468ns	0,145ns	16,215**	0,037*
M- 3	8	0,264**	0,081**	0,241ns	0,241ns	0,497ns	4,715**	0,007ns
Resíduo	81	0,002	0,009	0,255	0,258	0,272	1,130	0,017
CV (%)		0,720	6,790	4,980	5,000	4,510	1,210	7,300
Média		7,069	1,415	10,153	10,160	11,577	87,77	1,796

ns,*,**, não significativo, significativo a 5 a 1%, representado pelo teste F da análise de variância. M-1=Desdobramento do fator tempo dentro de Manejo 1 (Testemunha); M-2= Desdobramento do fator tempo dentro de manejo do resíduo na superfície do solo; M-3= Desdobramento do fator tempo dentro de manejo do resíduo incorporado ao solo; CV: coeficiente de variação em porcentagem.

Fonte: Autor, 2017

Nessa perceptiva, Freitas, Araújo, Silva (2012) encontraram efeito significativo do tempo e da profundidade de incubação do resíduo no solo com a decomposição. Dentre os

atributos analisados aqueles significativamente afetados pelas fontes de variação foram: pH e os teores de K, Ca, H-Al, P-remanescente.

O teor médio de K observado foi de 321,95 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TABELA 6). Para a testemunha esse teor correspondeu a: 218,16 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, no manejo em superfície e incorporado foi respectivamente igual a: 320,77; 426,91 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Dada esta mesma ordem, a aplicação do resíduo de abacaxizeiro promoveu aumento no teor de K de 147% (102,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e de 196% (208,75 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) quando comparado ao solo que não recebeu resíduos. Com a mesma cultura, Liu *et al.* (2013) verificaram valores próximos aos obtidos, onde o incremento no teor de potássio no solo foi de 145,1%.

Esse aumento de acordo com Moraes (2005) é diretamente proporcional a dose aplicada através dos compostos orgânicos, em seu estudo relatou que o nabo era o resíduo com maior quantidade inicial de K e teve acentuada liberação desse macronutriente no solo.

O P-rem encontrado (TABELA 6) foi maior para os resíduos em superfície (27,62 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) do que para os resíduos incorporados (25,74 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), esse por sua vez não diferenciou de forma estatística do valor mensurado para o solo sem resíduo (26,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Tabela 5- Macronutrientes e propriedades químicas do solo após a incubação de resíduos vegetais de abacaxizeiro em superfície ou incorporado de 0-10 e 10-20 cm

Manejo	P-rem	P	K	Ca	Mg			
	--mg L ⁻¹ --	-----mg dm ⁻³ ----	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
Testemunha	26,1 b	1,81b	218,16 c	7,73 a	2,16a			
Superfície	27,62 a	1,61c	320,77 b	7,01 c	1,73 b			
Incorporado	25,74 b	2,38a	426,91 a	7,38 b	2,02 a			
Média	26,49	1,93	321,95	7,37	1,97			
	pH	H+Al	SB	T	V	CO		
		-----cmol _c dm ⁻³ -----			%	dag kg ⁻¹		
Testemunha	6,91 c	1,48 a	10,45 a	11,96 a	87,51 b	2,23 a		
Superfície	7,03 b	1,41 b	9,50 b	10,92 b	87,02 b	1,54 b		
Incorporado	7,26 a	1,34 c	10,49 a	11,84 a	88,77 a	1,61 b		
Média	7,06	1,41	10,15	11,57	87,77	1,79		

Médias seguidas por distintas letras minúsculas na coluna indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Autor, 2017

O teor médio para P foi: 1,93 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TABELA 6). A maior quantidade desse macronutriente no solo foi observado para o resíduo incorporado, seguido pela testemunha e pelo tratamento com resíduo em superfície, nessa ordem equivalente a: 2,38; 1,81; 1,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Não foi observado efeito significativo do tempo sobre o solo sem resíduo (TABELA 5).

Esse comportamento do fósforo segundo Casali *et al.* (2011) acontece pois, apenas as frações orgânicas lábeis necessitam da dinâmica de mineralização/ imobilização.

Conforme Tsai e Rosseto (1992) os microrganismos usam o fósforo para formar os ácidos nucléicos, compor os fosfolipídios e a parede celular, sua disponibilização e liberação depende da morte dessa microbiota, a partir disso o nutriente pode ficar disponível para a planta ou adsorvido aos minerais de argila, impactado no teor de P observado no solo.

O teor de cálcio médio foi equivalente a: $7,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (TABELA 6). Em relação a testemunha ($7,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) houve redução do teor de Ca de forma significativa para o manejo incorporado e em superfície, respectivamente iguais a: 7,38; $7,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Maluf *et al.* (2015 b) em solos com diferentes texturas e resíduos relataram decréscimo do teor de Ca para todos os tratamentos. Esse comportamento do cálcio pode ser explicado pela associação com compostos orgânicos que formam complexos na superfície do solo, por esta razão seu teor pode ter sido reduzido em relação a testemunha (PAVINATO, 2007).

O teor de Mg médio expresso foi: $1,97 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ entretanto, o tratamento sem resíduos ($2,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi o que apresentou maior quantidade de Mg comparado ao solo com o resíduo em superfície e incorporado, nessa sequência os valores encontrados para estes dois manejos foram: 1,73 e $2,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O efeito do tempo sobre o teor de Mg foi significativo apenas quando o resíduo foi depositado na superfície do solo (TABELA 5). De acordo com Andreotti *et al.* (2015) em decorrência da função do Mg na estrutura da planta ele poderia ficar retido no resíduo e isso seria responsável pelo baixo valor liberado no solo. Mantovani *et al.* (2004) justificaram que o resíduo tinha baixa concentração de Mg e por isso pouco contribuiu com o teor deste no solo.

Segundo Py, Lacoeyuilhe e Teison (1987) apesar da cultura demandar N e K em maior quantidade e aos cuidados que estes exigem em solos úmidos nas regiões tropicais, não se deve restringir a aplicação dos fertilizantes no solo apenas para suprir a demanda da planta por esses nutrientes, pois isso pode acarretar redução no pH e nos teores de Ca e Mg.

Conforme Diniz, J. *et al.* (2019) a aplicação de gesso e calagem antes do experimento foi responsável pelos teores Ca e Mg observados. Alvarez *et al.* (2007) observaram ao final do estudo, aumento nos teores de Ca e Mg e redução nos de K.

Quanto ao pH observado, seu valor foi significativo tanto para a interação do tempo de avaliação com os tipos de manejos, quanto para essas variáveis analisadas separadamente. Inicialmente o pH era $6,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (TABELA 6), com 112 DAI o valor médio do pH para o solo sem resíduos vegetais, com resíduos sobre a superfície do solo e incorporados correspondeu a: 6,91; 7,03; $7,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com acréscimos respectivos de: 0,31; 0,43; 0,66

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A deposição de matéria seca de abacaxizeiro promoveu aumento considerável no pH, independente do manejo quando comparado a testemunha. González *et al.* (2019) relataram que em seu trabalho inicialmente os resíduos de abacaxizeiro promoveram uma redução do pH com a produção de ácido orgânico através da decomposição, mas por volta da 6ª semana proporcionaram aumento no pH. Encontram-se na literatura estudos que relatam a interferência dos resíduos orgânicos no pH do solo.

Lisboa *et al.* (2018) observaram diminuição do pH para os tratamentos controle, com húmus de minhoca, com composto orgânico e esterco, mas para o mesmo período de avaliação, verificaram aumento no valor do pH para resíduos de fabricação de gelatina. Já Rosa *et al.* (2015) relataram o efeito da aplicação do esterco das aves no aumento do pH nos seis tipos de solo avaliados, na dose do resíduo de 100 t ha^{-1} verificaram acréscimos nesse atributo de 0,7 a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Conforme Reis (1998) materiais que são facilmente decomponíveis favorecem o metabolismo microbiano e os microrganismos por sua vez, através da respiração consomem H^+ elevando o valor do pH. Por outro lado, materiais de caráter alcalino, com a presença de bases inorgânicas, diminuem o pH, pela ação desses compostos químicos no solo.

Nesse sentido, o pH interfere no tamanho das populações, na atividade da microbiota e conseqüentemente nas funções que estes exercem no solo (DORA, 2019). Nos resíduos de abacaxizeiro interferem na atividade de enzimas (urease, catalase, invertase, fosfatase) que estão diretamente relacionadas com as transformações dos compostos orgânicos e a liberação de nutrientes (LIU *et al.*, 2013).

Rosa *et al.* (2015) ressaltaram a importância de conhecer a influência da decomposição dos resíduos no pH do solo, pois a acidez pode alcançar faixas prejudiciais as culturas. O carbono orgânico dissolvido ao ser oxidado tem afinidade e habilidade para complexação com o alumínio, por isso ocorre redução da acidez total e aumento na concentração dos cátions (Ca, Mg, K), que por sua vez promovem o aumento da CTC do solo (FRANCHINI *et al.*, 1999).

No presente estudo, a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) para os resíduos em superfície e incorporado foram respectivamente: 1,41 e $1,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Esse teor reduziu significativamente em comparação a testemunha ($1,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Reis (1998) relacionou o aumento do pH com a diminuição do teor de alumínio trocável do solo. Conforme Lourenzi *et al.* (2016) a diminuição desse teor pode ser influenciada pela adição de compostos orgânicos e até mesmo pelas calagens realizadas anteriormente.

A soma de base (SB) teve um valor médio de $10,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em relação a testemunha ($10,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) apenas o resíduo na superfície teve redução significativa ($9,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) assim como a CTC efetiva (t).

Para a CTC potencial foi observado o teor médio de $11,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para o solo sem resíduo e com resíduo incorporado foram: de $11,96$ e $11,84 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, não diferenciaram entre si, mas do resíduo em superfície que foi de $10,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A saturação por base (V) aumentou de forma significativa com a incorporação dos resíduos para $88,77\%$ quando comparado com a testemunha e com o resíduo em superfície: $87,51$ e $87,02\%$ respectivamente. Através da análise de variância percebeu-se significância em todas as fontes de variação para esse atributo.

A média do teor de carbono orgânico (CO) foi $1,79 \text{ dag kg}^{-1}$. O solo sem resíduos apresentou o maior teor de CO com $2,23 \text{ dag kg}^{-1}$ em relação ao tratamento com resíduo em superfície ou incorporado, esses últimos por sua vez, apesar de teores médios diferentes ($1,54$ e $1,61 \text{ dag kg}^{-1}$ respectivamente) não diferiram entre si significativamente. A redução desse teor com o passar do tempo ocorreu, pois, o aporte de resíduos orgânicos estimula o metabolismo microbiano e a mineralização do CO presente no solo (MALUF *et al.*, 2015b). Conforme Potrich *et al.* (2014) é possível observar esse comportamento através da respiração da microbiota do solo que elimina mais C na forma de CO_2 do que a quantidade desde presente nos resíduos.

5 CONCLUSÃO

O manejo dos resíduos influenciou no tempo de meia vida e na perda de massa seca dos macronutrientes. Quando mantido em superfície teve a menor taxa de decomposição ($64,7\%$) em relação ao resíduo incorporado ($68,5\%$). O Ca e o Mg apresentaram perda lenta e gradual, com maior tempo de meia vida.

Aos 14 dias cerca de $92,8$ e $35,5\%$ respectivamente do teor de K do resíduo incorporado e em superfície já havia sido liberado.

A deposição dos resíduos vegetais de abacaxizeiro influenciou significativamente nos atributos químicos do solo e nos teores de K, P e Ca, além disso, promoveram aumento do pH, e redução no teor do H+Al e no teor do CO do Cambissolo. Para solos ácidos o pH pode ser elevado para a faixa ideal suportada pela cultura de 5,5.

A quantidade mineralizada para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) em superfície e incorporado foram respectivamente iguais a: 34,72; 2,7; 140,44; 18,6; 8,88; e 19,97; 1,47; 129,57; 6,56; 20,76 mg.

Portanto, os resultados obtidos neste trabalho reafirmam o potencial de utilização dos resíduos de abacaxizeiro na nutrição vegetal dos cultivos subsequentes de maneira complementar a adubação mineral para redução de custos, seja para a própria cultura do abacaxizeiro ou para outras culturas através da rotação. Fazendo-se necessário estudos que verifiquem a cinética de decomposição dos resíduos e mineralização dos nutrientes sob diferentes condições experimentais e em outros tipos de solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 769-780, set. 2002.
- ACOSTA, J. A. A. *et al.* Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, mar. 2014.
- AHMED, O. H. *et al.* Pineapple residue management practices and fertilizer regime: Effects of P and K uptake on yield and some economic implications. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci.**, v. 24, p. 123-129, 2001.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, ago. 2003.
- ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, p. 259-264, 2014.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVAREZ, E. *et al.* Dynamics of macronutrients during the first stages of litter decomposition from forest species in a temperate area. **Nutr Cycl Agroecosyst**, v. 80, p. 243-256, 2008.
- ALVES, A. R. *et al.* Decomposição de resíduos vegetais de espécies da Caatinga, na região de Patos, PB. **Rev. Bras. de Ciênc. Agrár.**, Recife, v. 1, n. 1, p. 57-63, 2006.
- AMARAL, U. do, *et al.* Matéria seca, conteúdo de carbono e nitrogênio em cultivo de abacaxizeiro 'Pérola' irrigado. **Interciência**, v. 40, n. 9, p. 639-643, set. 2015.
- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. Microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Ed.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p. 21-38.
- ANDREOTTI, M. *et al.* Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhço de cana em função de doses de vinhaça. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 563-576, 2015.
- ASGHAR, M.; KANEHIRO, Y. Effects of sugar cane trash and pineapple residue incorporation on soil nitrogen, pH, and redox potential. **Plant and Soil**, v. 44, p. 209-218, 1976.
- BENEDETTI, M. M. **Palhada de cana de açúcar em condições de cerrado: decomposição e disponibilidade de nutrientes**. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2014, 78p.

- BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007.
- CALONEGO, J. C. *et al.* Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012a.
- CALONEGO, J. C. *et al.* Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, p. 770-781, 2012b.
- CARDOSO, M. M. *et al.* Crescimento do abacaxizeiro 'vitória' irrigado sob diferentes densidades populacionais, fontes e doses de nitrogênio. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 769-781, set. 2013.
- CARMO, F. F. *et al.* Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, p. 420-431, 2012.
- CARNEIRO, D. N. M. *et al.* Decomposição de massa seca e liberação de N, P e K em adubos verdes perenes consorciados com a bananeira em um sistema sob transição agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 9, n. 4, 2014.
- CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos de um solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CARNEIRO, W. J. de O. *et al.* Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 715-725, jun. 2013.
- CARPIM, L. K. *et al.* Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2813-2819, dez. 2008.
- CARVALHO, A. M. *et al.* Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2831-2838, dez. 2008.
- CARVALHO, F. T. *et al.* Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 306, p. 211-223, mar./abr., 2006.
- CARVALHO, V. D. *et al.* Efeito da época de colheita da planta na composição química das folhas do abacaxizeiro. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1655-1661, out. 1991.
- CASALI, C. A. **Mineralização das formas de fósforo do tecido de plantas de cobertura. Informações Agronômicas.** 2011. 149f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2011.
- CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto.** 2019. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- CHABAT, M. M. **Influência dos resíduos vegetais na superfície do solo na dinâmica de evaporação da água e temperatura do solo.** 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CHACON, E. A. V. *et al.* Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 373-383, jun. 2011.

CHAGAS, B. N. F. *et al.* Influência de resíduos vegetais na temperatura do solo. In: EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica, 9., Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: UniCesumar, 2015, n. 9, p. 4-8. Disponível em: < http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/bianca_nathiele_favetti_chagas.pdf > Acesso em: 19/08/2019

CHAVES, W.; LEBLANC, H.; CERRATO, M. Potencial de mineralización de nitrógeno de un compost elaborado con hojas de piña. **Tierra Tropical**. v. 10, p. 1-6, 2014.

CHIODINI, B. M. *et al.* Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 6, p. 181-190, 2013.

Classificação climática de Köppen-Geiger. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica_o_Clim_tica_Koppen.pdf> Acesso: 10/08/2016.

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Adubação orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 4ª**. Aproximação. Lavras, CFSEMG, 1989. 159p.

CONCEICAO, P. C. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, out. 2005.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 925-930, dez. 2002.

CORREIA, A. F. *et al.* Atributos químicos do solo com o uso de gesso e milho de cobertura em cultivares de abacaxizeiro. **Rev. Ciênc. Agrar.**, v. 60, n. 1, p. 25-32, jan./mar. 2017.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1842, 2013.

COSTA, N. R. *et al.* Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 852-863, jun., 2015.

CRESTANI, M. *et al.* Das Américas para o Mundo: origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1473-1483, jun., 2010.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, fev. 2005.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015. p. 273-293.

DINIZ, E.R. *et al.* Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 1, p. 51-59, 2014.

DINIZ, J. F. *et al.* Decomposição da palhada de *urochloa ruziziensis* em diferentes sistemas de semeadura e correção do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 370-380, 2019.

DORA, N. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation, Applied and Environmental. **Soil Science**, v. 2019, p. 9, 2019.

DYONISIO, H, A, F. Erosão hídrica: Suscetibilidade do solo. **Rev. Eletrônica Thesis**, n. 13, p. 15-25, 2010. Disponível em: < http://www.cantareira.br/thesis2/ed_13/2_hidrica.pdf > Acesso: 10/10/2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

ESPINDOLA, J. A. A. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 321-328, abr. 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatistical analysis system. **Ciências e agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n. 6, p. 1040-1042, 2011.

FIGUEREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **J. Biosci.**, Uberlândia, v.24, p. 24-30, 2008.

FRANCHINI, J. C. *et al.* Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 533-542, set. 1999.

FREITAS, L. *et al.* Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Rev. Unimar Ciências**, Marília, v. 26, p. 8-25, 2017.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **R. Semiárido De Visu**, v.2, p. 150-161, 2012.

GAMA-RODRIGUES, A. C. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, dez. 2007.

GIACOMINI, S. J. *et al.* Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 9, p.1097-1104, set. 2003.

GIONGO, V. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 611-618, set. 2011.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 567-577, 2011.

GONÇALVES, A. D. M. *et al.* Decomposição e ciclagem de nitrogênio no consórcio entre café e *Brachiaria* no cerrado. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 10., 2019, Vitória. **Anais eletrônicos...** Brasília, DF: Embrapa café, 2019. p. 1984-9249. Disponível em: <<http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/view/158/103>> Acesso em: 02/11/2019.

GONZÁLEZ, E. C. *et al.* Pre-Composting and Vermicomposting of Pineapple (Ananas Comosus) and Vegetable Waste. **Appl. Sci.** v. 9, n. 3564, 2019.

GUIMARÃES, G. P.; ANDRADE, K. C.; MENDONÇA, E. S. Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, p. 365-374, 2015.

HAAG, H. P. *et al.* Estudos sobre a Alimentação Mineral do Abacaxi (Ananas sativus) Sch. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 20, p. 33-40, 1963.

HEINZ, R. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crame e nabo forrageiro. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, set. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**. 2017. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>> Acesso em: 19 mar. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2018. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>> Acesso em: 31 out. 2018.

KIST, B. B. *et al.* Abacaxi. **Anuário brasileiro da fruticultura**, Santa Cruz do Sul, ed. Gazeta Santa Cruz, 2018. 88 p. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf> Acesso em: 10 ago. 2018.

LEITE, L. F. C. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Rev. Ciênc. Agron.** v. 41, n. 1, p. 29-35, jan/mar. 2010.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções interações e manejo em solo tropical. IN: ARAÚJO, A. S. F. *et al.* (Ed.). **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina: EDUFIP, 2008. p. 15-39.

LENZ, G. L. *et al.* Estrutura do Solo e Matéria Orgânica Leve em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo. In: Reunião Sul Brasileira de Ciência do solo, 7., 2018, Xanxerê. **Anais eletrônicos...** Sociedade Brasileira de Ciência do solo- Núcleo região sul, 2018. Disponível em: <<http://www.sbcs-nrs.org.br/rsbcs/docs/trab-6-7607-601.pdf>> Acesso em: 10/09/2019.

LISBOA, C. C. *et al.* Taxa de mineralização do nitrogênio de resíduos orgânicos. **Cult. Agron.**, Ilha Solteira, v. 27, n. 2, p. 341-355, 2018.

LIU, C. H *et al.* The effects of composted pineapple residue return on soil properties and the growth and yield of pineapple. **J. Soil Sci. Plant Nutr.**, Temuco, v. 13, n. 2, p. 433-444, jun. 2013.

LOURENZI, C. R. *et al.* Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 51, n. 3, p. 233-242, mar. 2016.

MACHADO, D. M. *et al.* Atividades Microbianas e as Transformações no Ciclo dos Elementos no Solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 180-195, 2012.

MACHADO, L.V. *et al.* Fertilidade e compartimento da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, p. 289-299, jul./set., 2014.

MAGALHÃES, A. C. M. **Adubação orgânica com base na taxa de mineralização de nutrientes do composto orgânico**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafos, 199. 319p.

MALÉZIEUX, E.; BARTOLHOMEW, D. P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P., PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production, and uses**. Honolulu: CAB, 2003. p.143-162.

MALUF, H. J. G. M. *et al.* Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1681-1689, dez. 2015a.

MALUF, H. J. G. M. *et al.* Disponibilidade e recuperação de nutrientes de resíduos culturais em solo com diferentes texturas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1690-1702, dez. 2015b.

MANTOVANI, José Ricardo *et al.* Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 339-342, ago. 2004.

MARCELO, A. V.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1568-1582, nov. 2012.

MATOS, A. P. **Plano estratégico para a cultura do abacaxi 2017-2021**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 30p.

MODEL, N. S. Preparo do Solo e Manejo da Cobertura Vegetal para o Abacaxizeiro cultivado no Rio Grande do Sul. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 10, n. 1-2, p. 91-100, 2004.

MODEL, N. S.; SANDER, G. R. Produtividade e características do fruto de abacaxizeiro em função do preparo do solo e de técnicas de plantio. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 209-216, 1999.

MORAES, M. F. *et al.* Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 673-684, ago. 2007.

MORAES, M. F. **Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário e material vegetal em superfície**. Campinas, 2005, 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônômico.

MOURA, B. de F. S. **Decomposição residual de culturas de safrinha e adubação fosfatada na cultura da soja**. 2019. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, 2019.

NETO-LETICIA *et al.* Decomposição de resíduos vegetais em ambiente alagado e sequeiro sob diferentes manejos de solo. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 13, n. 12, dez. 2017.

NEVE, S.; HOFMAN, G. Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, p. 544-549, 2000.

OLIVEIRA, A. M. G.; CARRIELO, R. C.; SOUZA, R. L. F. S. Nutrição Mineral, Calagem e Adubação. In: SANCHE, N. F.; MATOS, A. P.; (Org.). **Abacaxi: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2013, p.67-84..

OLIVEIRA, L. de S. **Decomposição de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes sobre o solo**. 2017. 65 f., Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, dez. 1999.

PALMIERI, F. G.; RODRIGUES, G. G.; MARCOMINI, L. R. da S. Pequenos mercados, grandes oportunidades: boas opções para diversificar a produção. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 16, n. 171, p. 12, set. 2017.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: _____. (Ed.). **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. p. 158-179.

PAULA, J. R. *et al.* Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1729-1741, dez. 2013.

PAULA, M. B. *et al.* Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1217-1222, jul. 1999.

PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduos em superfície**. 2007. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo-decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEGADO, C. M. A. decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da Paraíba, Brasil. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 21, p. 218-223, jan./mar. 2008.

PEGORARO, R. F. *et al.* Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 896-904, jun. 2014.

PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. **Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 159–174, 2013.

PEREIRA, M. F. S. *et al.* Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. **Rev. ACSA- Agropecuária Científica no Semi-Árido**. v. 9, n. 1, p. 21-32, 2013.

POTRICH, D. C. *et al.* Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciênc. Agrár.**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 1751-1760, 2014.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISON, C. **The pineapple, cultivation and uses**. Paris: G.P. Maisonneuve, 1987. 568p.

QUEMADA, M.; CABRERA, M. L. Temperature and moisture effects on C and N mineralization from surface applied clover residue. **Plant and Soil**, v.189, p.127-137, 1997.

REINHARD, D. H. R. C.; CUNHA, G. A. P.; SOUZA, L. F. S. Clima e solo. In: SANCHE, N. F.; MATOS. A. P.; (Org.). **Abacaxi: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2013.

REINHARDT, D. H. A planta e o seu ciclo. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p.13-14.

REINHARDT, D. H. R. C. Manejo do solo - água - planta em plantios de abacaxi. In: Simpósio brasileiro da cultura do abacaxi, 6., 2015, Conceição do Araguaia. **Anais eletrônicos...** Belém, PA: SEDAP, 2015. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1029522>> Acesso: 04/05/2018.

REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. Introdução. In: _____(Coord.) **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p.9.

REIS, T. C. **Variação da acidez do solo em resposta à adição de materiais orgânicos**. 1998. 65f., Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

RODRIGUES, J. B. B. *et al.* Crescimento e produção do abacaxizeiro ‘Pérola’ adubado com esterco bovino e, ou, cama de frango isolados e misturados. In: Congresso Brasileiro de ciência do solo, 35., 2015, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: SBCS–NRN, 2015. Disponível em: <<https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/Arearestrita/arquivos/2350.pdf>> Acesso: 12/09/2019.

RONQUIM, C. C. *et al.* **Conceitos de fertilidade do solo e manejo para as regiões tropicais.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

ROSA, S. D. *et al.* Atributos de acidez de solos com matéria orgânica e texturas contrastantes sob efeito de doses de esterco de galinha. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 25., 2015, **Anais eletrônicos...** Natal: SBCS – NRN, 2015. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/anais/index_int8f46.html > Acesso em: 18/09/2019.

SALTON, J. C. *et al.* Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21, fev. 2008.

SANTOS, B. S. A.; Meurer, N. V. F. Liberação de NPK por leguminosas e gramíneas: análise comparativa. **Revista Pensar-BioUSU**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 20-29, 2018.

SANTOS, F. C. *et al.* Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 855-1861, dez. 2014.

SANTOS, M. A. T. dos. *et al.* Teores de polifenóis de caule e folha de quatro cultivares de abacaxizeiro. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 274-276, ago. 2001.

SATO, J. H. *et al.* Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 189-193, fev. 2012.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SIGNOR, D.; DIONISIO, J. A. Decomposição de resíduos orgânicos. In: DIONISIO, J. A. *et al.* (Ed.). **Guia prático de biologia do solo.** Curitiba: SBCS-NEPAR, 2016. p. 84-88.

SILVA, A. P. da. *et al.* Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi- Fertcalc-abacaxi. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1269-1280, 2009.

SILVA, A. S. *et al.* Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciênc. Rural**, v. 44, Santa Maria, n. 10, p. 1783-1789, 2014.

SILVA, R. P. *et al.* Calcário e biofertilizante na qualidade e rendimento de frutos de abacaxizeiro “Pérola”. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 22, p. 25-38, 2016.

SILVEIRA, P. M. da. *Et al.* Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. **Biologia e bioquímica do solo.** 2.ed. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

SORATTO, R. P. *et al.* Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, 2012.

SOUTO, P. C. *et al.* Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 125-130, fev. 2005.

SOUZA, J. da S.; SOUZA, L. F. da S. Aspectos econômicos. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p.10.

SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L. Custos de produção e receitas esperadas. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p.70-74.

SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H. Abacaxizeiro. In: Crisóstomo, L. A.; Naumov. A. (Orgs.). **Adubando para alta produtividade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009, p. 182-204.

STEINER, F. *et al.* Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ci Agrár**, Londrina, v. 33, p. 2775-88, 2012.

TAM, R. K.; MAGISTAD, O. C. Relationship between Nitrogen fertilization and chlorophyll content in pineapple leaves. **Plant Physiology**, v. 10, p. 159-168, 1935.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de Solo, Plantas e outros Materiais**. 2ed. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS, 1995. 174p.

TEIXEIRA, L. A. J. *et al.* Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 219-224, abr. 2002.

TEIXEIRA, M. B. *et al.* Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 23, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J. L. R. *et al.* Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, jul. 2005.

TSAL, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAL, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p. 231-242,

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 411-417, set. 1998.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SA, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, fev. 2005.

VASCONCELLOS, C. A. *et al.* Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 69-77, Mar. 1999

VISCHI FILHO, O. J.; Utilização de resíduos vegetais na recuperação de áreas críticas e degradadas, em pastagens no Estado de São Paulo. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. 16., 2006, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.web-resol.org/imagens/curiosidade/formulario_23\[1\].pdf](http://www.web-resol.org/imagens/curiosidade/formulario_23[1].pdf)> Acesso: 14/10/2019.

VITTI, G. C.; MALAVOLTA, E. Atingir o patamar de produtividade alcançado com o uso de fertilizantes minerais via adubação orgânica: uma expectativa irreal? In: SIQUEIRA, J. O. *et al.* (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.163.

YAMAGUCHI, C. S. *et al.* Mineralização de C e de N na palhada de cana-de-açúcar. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 34., 2013, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: SBCS, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/968420/mineralizacao-de-c-e-de-n-na-palhada-de-cana-de-acucar>> Acesso: 02/10/2019.