

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Agrícola e Ambiental

**DEPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS
VEGETAIS DE SORGO MANEJADO EM CAMBISSOLO**

GILMAR RODRIGUES CARDOSO

GILMAR RODRIGUES CARDOSO

**DEPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS VEGETAIS DE
SORGO MANEJADO EM CAMBISSOLO**

Monografia apresentada 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. Rodinei Facco Pegoraro

Montes Claros
Instituto de Ciências Agrárias-UFMG

2018

Gilmar Rodrigues Cardoso. Deposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais de sorgo manejado em Cambissolo.

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Márcio Neves Rodrigues

Paula Wellen Barbosa Gonçalves

Prof. Dr. Reginaldo Arruda Sampaio- ICA/UFMG



Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro.

Montes Claros, 29 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Sinto-me realizado por conseguir alcançar mais uma vitória. Esta, só foi atingida graças ao apoio de pessoas que contribuíram para esta concretização. Portanto, não poderia deixar de agradecê-las.

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo infinito amor e maravilhas que proporciona nos momentos difícil da minha vida.

Reconheço também a imensurável contribuição da minha família, sobretudo aos meus pais adotivos que proporciono a minha formação e o carinho que eles têm por mim.

Ao meu orientador, professor Rodinei Facco Pegoraro pela maneira sábia de me orientar, com simplicidade e humildade. Deixo registrada a imensurável contribuição a este projeto quando o mesmo ainda estava na fase de elaboração.

Agradeço imensamente a todos os educadores que tem um papel importante na construção de uma sociedade mais junta. Não posso esquecer de agradecer a FUMP que proporcionou suporte para minha formação.

Ao técnico Ismael de Jesus pela sua simplicidade e humildade, que em momento preciso e necessidade ele foi compreensivo e prestou sua ajuda nas análises experimental.

Ao técnico Márcio Neves pelo apoio e suporte nas análises experimental orientando na realização da mesma.

Agradeço a minha amiga e colega Aline Fonseca pelo apoio nos procedimentos de montagem e análises do estudo.

Ao professor Regynaldo Arruda Sampaio, pelo apoio científico.

Ao professor Luiz Arnaldo Fernandes e a equipe do laboratório de solos pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A gradeço a Maria Nilfa pela sua força, e compreensão na sua totalidade simplicidade de ajuda no momento preciso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista.

RESUMO

O sorgo possui elevada capacidade de produção de massa verde, aliados a qualidade dos seus resíduos vegetais possibilitam a utilização como planta de cobertura vegetal do solo e fonte de nutrientes para cultivos subsequentes. Objetivou-se avaliar a mineralização e disponibilização de nutrientes de resíduos vegetais de sorgo manejados na superfície e subsuperfície de cambissolo no norte do estado de Minas Gerais. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial 2x9, consistindo de dois manejos dos resíduos vegetais (aplicados na subsuperfície ou superfície a 5 cm de profundidade) e nove tempos de incubação (0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 e 112 dias após a incorporação DAI). Para tanto, avaliou-se a massa remanescente, o $T_{1/2}$ (tempo de meia-vida) e a mineralização de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) dos resíduos vegetais. Aos 112 DAI obteve-se massa remanescente média de 4,35 g e 4,34 g para os tratamentos com resíduo subsuperfície e na superfície, respectivamente. A perda de massa dos resíduos vegetais aplicados na superfície ou subsuperfície foi considerada semelhante. A liberação de C, da massa seca remanescente e a mineralização dos nutrientes dos resíduos culturais foi significativo para os dois manejos. Os resíduos de sorgo apresentaram maior liberação do K com a redução da massa seca nos tratamentos subsuperfície ou superfície. A mineralização do N, P, Ca e Mg ocorreu em menor proporção, mas de forma significativa para adubação orgânica para as plantas subsequentes.

Palavras-Chave: Mineralização, massa seca remanescente, matéria orgânica no solo.

LISTA DE ABREVIATURAS

SPD	-	Sistema de plantio direto
MSR	-	Massa Seca Remanescente
TN	-	Teor do Nutriente
CI	-	Conteúdo Inicial
CNR	-	Conteúdo Remanescente de Nutrientes
CTC	-	Capacidade Efetiva de Troca de Cátions
V	-	Saturação por Bases
SB	-	Soma de base
M	-	Média
M-1	-	Primeiro Manejo
M-2	-	Segundo Manejo
M-3	-	Terceiro Manejo
B	-	Bloco
T	-	Tempo
QM	-	Quantidade Mineralizada
CF	-	Conteúdo Final
PM	-	Porcentagem Mineralizada
P-rem	-	Fósforo Remanescente
H+Al	-	Acidez potencial
TR	-	Taxa de Recuperação
CF	-	Conteúdo final

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização física e química do Cambissolo utilizado no estudo (camada de 0-20 cm de profundidade) -----17
- 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 sorgo após 112 dias de incubação em superfície e subsuperfície em Cambissolo-----21
- Tabela 3 - Teor de lignina obtido para o resíduo sorgo no início do período de incubação (T₀) e aos 112 DAÍ (T₁₁₂) -----23
- Tabela 4 - Tempo de meia vida (T_{1/2}), constante de decomposição (K), valores R² ajustados. -----24
- Tabela 5 - Conteúdos médios iniciais (CI) e finais (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 sorgo aplicados na superfície (Sup.) e subsuperfície (sub.) ao solo e modelos ajustados para o conteúdo do nutriente mineralizado (CNM), seguido do coeficiente de determinação (R²).-----28
- Tabela 6 - Resumo da análise de variância para atributos químicos do solo durante 112 dias de incubação (Tempo) sem resíduo vegetal de sorgo, com resíduo subsuperfície ou aplicado na superfície do Cambissolo (Manejo). -----29
- Tabela 7 - Macronutrientes e propriedades químicas do solo a incubação de resíduo vegetal de sorgo em sua superfície ou subsuperfície de 0-5 e 0-20 cm. -----31

LISTA DE GRAFICOS

- Figura 1 - Imagens ilustrativas das unidades experimentais utilizadas no estudo de decomposição de resíduos vegetais de sorgo aplicados na superfície do solo e análise dos macronutrientes-----18
- Figura 2 - 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 sorgo na superfície e subsuperfície do solo.-----22
- Figura-3 - Conteúdo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) remanescentes no resíduo de sorgo manejado em subsuperfície ou na superfície do Cambissolo-----26
- Figura 4 - Taxas de recuperação de P, K, Ca e Mg, pelos extratores Mehlich 1 e KCl, após a incubação de resíduos de sorgo na superfície e subsuperfície no Cambissolo.-----33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).....	11
3.2 Vegetações de cobertura do solo	12
3.3 Mineralização de resíduos vegetais	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 Decomposição e conteúdo remanescente de macronutriente no resíduo vegetal de sorgo.	20
5.2 Mineralização dos macronutrientes no resíduo vegetal de sorgo	26
5.3 Alterações nos atributos químicos do solo.	28
6-CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A deposição de resíduos vegetais nos solos agrícolas é considerada prática cultural imprescindível para a manutenção ou aumento da produção de alimentos (SÁ *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2011). Pois, essa prática contribui para a melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, por aumentar a ciclagem de nutrientes, reduzir a amplitude térmica, manter a umidade, diminuir a perda do solo por erosão, aumentar o teor de matéria orgânica, a diversidade e a atividade biológica do solo, entre outros (COSTA *et al.*, 2009; BORGES *et al.*, 2015).

A adição de resíduos culturais na superfície do solo libera via mineralização quantidades significativas de nutrientes para cultivos subsequentes (Maluf *et al.*, 2015a). No entanto, a maioria dos sistemas de recomendação de adubação ainda não leva em consideração essa capacidade de disponibilização de nutrientes no manejo da adubação. A adição de plantas para cobertura do solo no sistema de plantio direto é uma prática amplamente empregada para aumentar a sustentabilidade do sistema agrícola (Leite *et al.*, 2010).

Teixeira *et al.* (2011), observaram a rápida liberação de N por sorgo, enquanto nas cultivares de milho a liberação foi gradativa, sendo o K e o Mg os nutrientes liberados mais rapidamente em todas as plantas de cobertura utilizadas. Logo, essa cultura pode ser favorável para o uso em áreas de clima tropical, como plantas de cobertura e na reciclagem de nutrientes, sendo a liberação gradativa de N, P e Ca para o solo. Os nutrientes K e o Mg foram mais rapidamente liberados dos resíduos das plantas de cobertura (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Esses nutrientes, após o processo de mineralização, interagem com os colóides do solo e podem permanecer disponíveis para as plantas. Na solução do solo, podem ser adsorvidos de modo eletrostático ao complexo de troca, ou estabilizarem sob formas não trocáveis pela formação de ligações estáveis com os constituintes orgânicos ou minerais do solo. Nesse contexto, é importante determinar, por meio de extratores químicos os teores disponíveis de nutrientes no solo para as plantas, após a mineralização dos resíduos vegetais.

Segundo Maluf *et al.* (2015), o tipo de resíduo, a textura do solo e o tempo de incubação influenciam os teores totais de C orgânico e N, o pH, a disponibilidade e a

taxa de recuperação de P, K, Ca, Mg e S, sendo que os teores totais de C orgânico e N nos solos diminuem ao longo da incubação. Os autores observaram também que os resíduos de braquiária e estilosantes utilizados acidificaram o solo. Por outro lado, o resíduo de braquiária apresentou-se como potencial fonte de K, e o de feijão, de S. O resíduo de milho apresentou as maiores taxas de recuperação de P em solos de textura média e argilosa.

Nesse contexto, a utilização de sorgo forrageiro como cultura de cobertura pode apresentar vários benefícios para o sistema produtivo do cerrado por apresentar resistência a déficit hídrico (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010), elevada produção de sistema radicular, parte aérea e relação C/N (KONDO *et al.*, 2012). Classificada como planta C₄, se adapta a variadas condições de fertilidade e temperatura, e tem tolerância às variações do teor de água no solo (MAGALHÃES *et al.* 2009; DINIZ, 2010).

Apesar da considerável contribuição dos resíduos vegetais para a nutrição de plantas, existem poucos estudos avaliando a taxa de mineralização de nutrientes de resíduos de sorgo quanto manejados em superfície ou incorporados ao solo e sua relação com a taxa de recuperação de nutrientes do solo. Dessa forma o objetivo desse estudo foi avaliar a mineralização de macronutrientes provenientes de resíduos vegetais de sorgo e o teor de nutrientes no solo após a sua aplicação em superfície ou subsuperfície.

Avaliar a mineralização de macronutrientes provenientes de resíduos vegetais de sorgo e o teor de nutrientes no solo após a sua aplicação em superfície ou subsuperfície.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*)

O sorgo é uma planta de origem tropical da família *Poaceae*, do gênero *sorghum*, que pertence à espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. cultivada em diversas latitudes, mesmo em regiões muito quentes, muito secas ou onde ocorrem veranicos, com vantagem sobre outros cereais. Classificada como planta C₄, se adapta a variadas condições de fertilidade do solo e é mais tolerante do que o milho à alta temperatura e déficit hídrico (MAGALHÃES *et al.*, 2008; DINIZ, 2010; MIRANDA *et al.*, 2010).

O gênero *Sorghum* é uma importante cultura no campo mundial, e vem sendo estudada em diversos setores alimentícios e de geração de energia. No entanto a expansão

de produção dessa espécie dá-se devido às características fisiológicas distintas, destacando a alta eficiência fotossintética e adaptação a condições adversas, potencializadas e pela eficiência híbrida, (SANTOS *et al.*, 2015), destacando-se como forrageira devido à rusticidade, resistência a seca e eficiência no uso da água, (FERREIRA *et al.*, 2012).

O cultivo do sorgo em regiões tropicais é considerado vantajoso devido a vários fatores relacionados à tolerância ao déficit hídrico, ciclo curto, ser totalmente mecanizada, possuir colmos suculentos com açúcares totalmente fermentáveis e com elevada produção de massa verde, variando de 40 a 60 t ha⁻¹ (PEREIRA FILHO *et al.*, 2013). Contudo, ainda são necessárias novas pesquisas a fim de maximizar a inserção do sorgo nos distintos sistemas de produção agrícola (SANTOS *et al.*, 2015).

De acordo com IBGE, (2017), a produção de sorgo em 2016 alcançou 1.168.904 toneladas aumento de 1,3% em relação ao ano anterior. A produção de sorgo no Brasil aumentou, em consequência da expansão da área plantada e dos incrementos de produtividade. Contudo, estudos sobre adubação orgânica no desenvolvimento da cultura ainda são incipientes.

3.2 Vegetações de cobertura do solo

A introdução de cultivo de plantas com o objetivo de proporcionar a cobertura do solo no sistema de produção pode contribuir na melhoria de seus atributos físicos, químicos e biológicos. Contribui para a elevação do teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, diminuição da erosão hídrica e eólica, manutenção da temperatura dos solos, além de agir como barreira física contra a infestação de plantas invasoras, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das culturas subsequentes (BOER *et al.*, 2008).

Reduzir a erosão é uma das principais razões do uso de vegetação de cobertura, especialmente em intervalos de cultivo da cultura principal. Esse manejo prolonga o período em que o solo fica coberto por resíduos vegetais (KASPAR e SINGER, 2011). Proporcionam ainda diferenças significativas nas propriedades físicas do solo, como diminuição da densidade aparente (HUBBARD *et al.*, 2013; HARUNA *et al.*, 2015), aumento da umidade (HUBBARD *et al.*, 2013), melhora a estabilidade estrutural do

solo, aumenta a percolação de água no perfil do solo, e também pode diminuir a resistência à penetração das raízes no solo (ALVARES *et al.*, 2017).

Quantos às alterações químicas, é bem conhecido aquelas proporcionadas na ciclagem de carbono e nitrogênio no solo (HUBBARD *et al.*, 2013, LYNCH *et al.*, 2016), pouco se sabe, no entanto, sobre seus efeitos sobre outros nutrientes ou sobre o pH (KASPER e SINGER, 2011).

De acordo com Perin *et al.* (2010) o acúmulo de P, Mg e Ca pode ser influenciado pela produção de fitomassa, e a liberação de nutrientes dos resíduos apresenta dinâmica com duas fases distintas, com taxas de mineralização elevadas nos primeiros 15 dias para alguns nutrientes e outra lenta que ocorre após esse período inicial e prolonga-se por meses.

Utilizando um cultivo de cobertura sob sistema de plantio direto podem ser observadas maiores concentrações de bases trocáveis (Ca, Mg e K), de CTC e saturação por bases como resultado do acúmulo de matéria orgânica na camada superficial, e como consequência dessas alterações ocorrem de maneira geral a melhoria da fertilidade do solo (CORREIA E DURIGAN, 2008; CARVALHO *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2017), essa prática também é eficaz no sequestro de carbono e sustentabilidade edáfica do solo no cerrado (CARVALHO *et al.*, 2014).

Segundo Maluf *et al.* (2015) o teor de carbono e de nitrogênio, o pH e a quantidade de P, K, Ca, Mg trocáveis no solo dependem dos tipos de resíduos culturais cultivados, do teor de argila e do tempo de cultivo, no entanto dependendo da textura do solo a quantidade de macronutrientes não ficará disponível totalmente para as plantas.

As culturas de cobertura também possuem relação de sustentabilidade com a água, em comparação ao cultivo convencional, solo sob cobertura vegetal localizada na superfície teve redução no escoamento e movimentação tolerável de sedimentos, sendo que somente 5,68% da precipitação foi convertida em escoamento, com uma perda de apenas 0,04 kg m⁻² ano⁻¹, como média de um período de quatro anos. No tratamento de cobertura vegetal, os valores de exportação de nutrientes dissolvidos no escoamento superficial ou adsorvidos no sedimento foram menores que os valores análogos do tratamento convencional de preparo do solo (GOMEZ *et al.*, 2009)

Todas essas alterações favorecem e propiciam aumento do potencial de atividade da macro e da microfauna nos solos devido ao incremento de insumos orgânicos, impedindo que variações de temperatura do solo ocorram em uma faixa mais ampla e se

mantendo estável a umidade em função da cobertura da superfície (KASPER e SINGER, 2011).

Para Hentz *et al.* (2014) a taxa de mineralização e consequente liberação de nutrientes ao solo, em diversas espécies de cobertura, é influenciada por vários fatores, a saber, condições climáticas como temperatura e umidade, espécies vegetais leguminosas ou gramíneas, atividade macro e microbiológica do solo e a qualidade e a quantidade do resíduo.

Segundo Lienhard *et al.* (2013), para solos ácidos, o manejo em função da utilização de cobertura vegetal em associação ao plantio direto mostrou que a abundância bacteriana e diversidade podem ser diferentemente impulsionados pelo ambiente sendo que densidade bacteriana foi afetada pela quantidade e diversidade de resíduos culturais, carbono do solo orgânico e teor de base permutável, enquanto que a estrutura foi influenciada pelo pH, CTC e relação C/N do solo. Os autores ainda recomendam sistemas de plantio direto com altas restituições residuais e correção do pH, a fim de melhorar o desempenho físico, químico e microbiano de solos ácidos tropicais, contribuindo assim para a sustentabilidade da agricultura.

Segundo Teixeira *et al.* (2012) a deposição de resíduos vegetais ao solo propicia a redução de custos de produção e reduz o fracionamento dos fertilizantes no sistema de plantio direto. Plantas de coberturas vem sendo cada vez mais utilizadas em sistema de plantio direto na agricultura principalmente no sul do Brasil. Portanto para uma maior dinâmica do SPD é necessário adequar com rotação de cultura e com a disposição da matéria orgânica. Realizando certas medidas de manejo do solo contribuirá para amenizar os processos erosivos. (SILVA *et al.*, 2015). Contudo a escolha da planta é de fundamental importância, pois se atribui preferência a aquelas com maior potencial de produção de fitomassa, deposição de C e N. Ainda com o intuito de atingir o objetivo com maior eficiência, é importante conhecer a dinâmica de decomposição dos seus resíduos (DONEDA *et al.*, 2012).

A agricultura convencional se preocupa com a produtividade e não com a qualidade de vida e o meio ambiente, sendo usados produtos químicos para viabilizar uma maior produtividade, já agricultura orgânica, que visa à preservação dos ciclos ecológicos e qualidade de vida, permite que a produção da lavoura siga os processos naturais (ALVES & CUNHA, 2012).

Portanto, o SPD está correlacionado a rotação de cultura, que proporciona elevada adição de diferentes resíduos culturais ao solo. Porém, todos os resíduos

culturais têm cinética específica de decomposição, o que é determinante na mineralização e imobilização líquida de N no solo (ACOSTA *et al.*, 2014).

Segundo Teixeira *et al.* (2011), a decomposição da matéria seca representa um processo favorável em ambiente tropical, sendo que o sorgo contribui com maior acúmulo de N em sequência com o K e P em solos mais arenosos sendo que o K e o Mg é liberado mais rápido em plantas de coberturas.

De acordo Borges *et al.* (2015) a densidade de semeadura de 12 kg ha⁻¹ da *U. ruziziensis* propiciou a melhor estabilidade de permanência de fitomassa sobre o solo nos dois anos de estudo, apresentando ainda uma maior quantidade de fitomassa no momento do florescimento da cultura, apresentou-se uma excelente capacidade de rebrota após o corte para utilização como feno e lenta decomposição, mantendo o solo coberto por maior período de tempo (BORGES *et al.*, 2015).

São vários os benefícios atribuídos à incorporação de palhada de gramíneas sob o solo (BURIN, 2017). Esta palha e resíduos vegetais são mantidos ou incorporados sob superfície do solo e corroboram benefícios como a conservação e melhoria dos solos com relação aos atributos físicos, químicos e biológicos, (BURIN, 2017).

No entanto, segundo Burin (2017), existem pontos que podem ser melhorados com a finalidade de proporcionar melhor manejo e resultados pelos produtores, como os aspectos relacionados à escolha da espécie da planta, a sua velocidade de decomposição, e ciclagem de nutrientes. A adaptação quanto ao tipo de solo e adaptação ao ambiente são fundamentais principalmente no uso de gramíneas forrageiras para deposição de palhada.

Segundo Chiodini *et al.* (2013) os níveis adequados de matéria orgânica beneficiam ao solo de várias formas sendo em sua maioria benefícios em função dos nutrientes liberados em decorrência da decomposição dos resíduos ao solo

3.3 Mineralização de resíduos vegetais

Os resíduos de plantas de cobertura são considerados importantes fontes de nutrientes para cultivos agrícolas subsequentes, principalmente em regiões de clima tropical, onde são observadas altas taxas de decomposição dos resíduos.

Em 53 dias de avaliação, Crussiol *et al.* (2008), obtiveram taxa de decomposição dos resíduos equivalente a 34% do teor inicial para resíduos. Azevias pretas aplicadas

sobre o solo proporcionam aumento da relação C/N dos resíduos, de 34 para 50, com o aumento do tempo de avaliação.

A mineralização do K em resíduos vegetais é considerada rápida, pois em poucos dias (menos de 30 dias) ocorre à liberação de mais de 90% do K presente nos resíduos vegetais. Já a mineralização dos macronutrientes P, Ca e S ocorre de modo gradual, e no final do período de avaliação (foram avaliadas 0;13;35 e 53 dias) é comum à permanência de 55; 42; 48 e 47%, respectivamente, do conteúdo remanescente nos restos vegetais. O K seguido do N é o nutriente disponibilizado em maior quantidade no solo, atingindo máxima velocidade de liberação entre 10 e 20 dias após o manejo da fitomassa de aveia preta (Crussiol *et al.*, 2008).

De acordo com Santos *et al.* (2012) a determinação das taxas de mineralização de nutrientes auxilia no manejo da adubação das culturas e podem representar uma economia de fertilizantes minerais. No período de 110 dias de avaliação as taxas de mineralização de N, P e K nas palhadas de milho e *Brachiaria ruziziensis*, propiciaram a economia de R\$ 243,00 ha⁻¹, em razão da redução da adubação com fertilizantes minerais para a cultura do milho. Para chegar a esses resultados eles obtiveram em seus estudos, aproximadamente 6,6 Mg ha⁻¹ de matéria seca da palhada. No final do período de avaliação em (0, 15,40, 110, 170 e 220 dias) obteve-se a mineralização de 29,3 kg ha⁻¹ (62 %) de N, 7,8 kg ha⁻¹ (80 %) de P, 42,2 kg ha⁻¹ (94 %) de K, 48,6 kg ha⁻¹ (74 %) de Ca, 17,0 kg ha⁻¹ (81 %) de Mg e 7,7 kg ha⁻¹ (79 %) de S.

Torres *et al.* (2014), observaram-se a produção de fitomassa seca das plantas de cobertura foi influenciada pela época de semeadura e pela precipitação pluviométrica, sendo que o milheto e braquiária foram às culturas com maior produção de fitomassa quando cultivados em pré-safra. Por outro lado, Torres *et al.* (2014) verificaram que a relação C/N não influenciou a decomposição dos resíduos culturais, sendo que milheto e crotalária apresentaram os maiores tempos de meia-vida na produtividade.

O milheto, o sorgo e a crotalária foram às coberturas que apresentaram maiores produções de matéria seca. O maior acúmulo de K ocorreu em gramíneas e a maior liberação de K ocorreu no milheto, aveia, braquiária e crotalária nos primeiros 42 dias após manejo. A braquiária apresentou o menor tempo de meia vida ($t_{1/2}$) vida e a maior taxa de liberação de K (TORRES *et al.*, 2009).

Para Teixeira *et al.* (2011) a massa do milheto apresentou menor velocidade de decomposição, com tempo de meia-vida de 112 dias, em comparação ao sorgo (96 dias). O sorgo apresentou taxa de liberação de N mais rápida, com o K e o Mg sendo os

nutrientes liberados mais rapidamente. Os autores recomendam como planta de cobertura e recicladora de nutrientes aquela que apresenta liberação gradativa de N, P e Ca para solos em locais de clima tropical em função de um maior tempo de meia vida para matéria seca (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado no município de Montes Claros-MG, norte do Estado de Minas Gerais, com latitude 16° 40' 57,70'' Sul, longitude 43°50'19,62 Oeste e altitude média de 650 m. O clima da região é classificado, como Aw, segundo köppen com uma precipitação média anual de 1.096 mm.

Na (tabela1) apresentam as características química e física do solo cambissolo.

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

pH (H ₂ O)	P	K	P- rem	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	M.O	C.O	Areia	Silte	Argila
	mg.dm ⁻³		mg. L ⁻¹			-----cmolc. dm ⁻³					--%--		-----dag. Kg ⁻¹ -----			
6,6	18,3	157	31,7	7,6	2,2	0	1,07	10,2	10,2	11,3	91	2,9	1,7	24	54	22

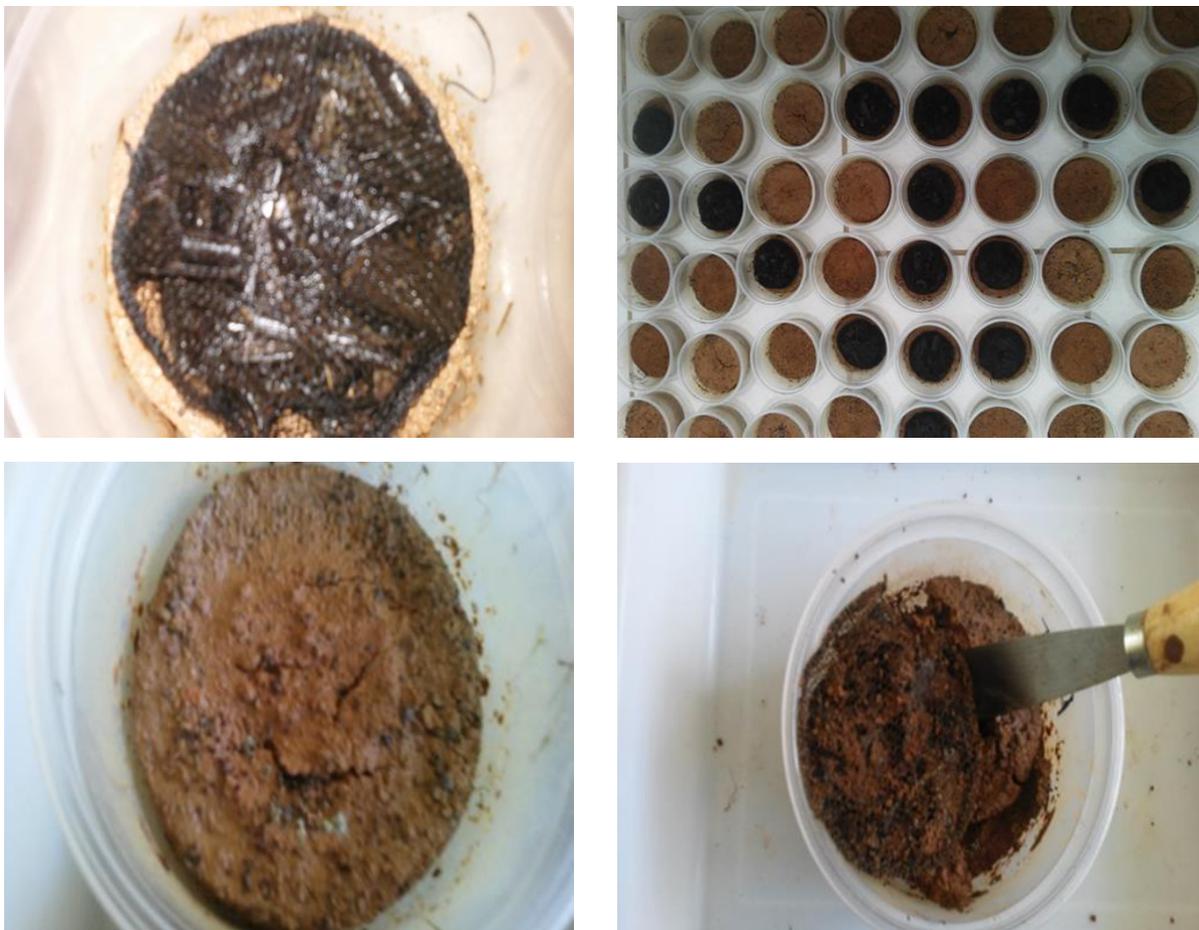
Fonte: Laboratório de solo-UFGM.

O solo utilizado no estudo foi coletado na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias, e classificado como Cambissolo (EMBRAPA, 1999). Para tanto, foram coletados aproximadamente 50 dm³ de solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Esse solo foi seco ao ar, peneirado em peneira de malha de 4 mm para caracterização física e química e posterior montagem das unidades experimentais, que consistiram de pote plástico contendo 300 g de solo e resíduos vegetais do sorgo.

O estudo foi conduzido no laboratório de Análise de Resíduos para Aproveitamento Agrícola, no de período 15 de julho a 04 de novembro de 2016, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial 2 x 9, consistindo de dois manejos dos resíduos vegetais (aplicados na superfície ou enterrados a 5 cm de profundidade) e nove tempos de incubação (0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 dias após a implantação-DAI).

Na (figura 1) representa as unidades experimentais com os resíduos de sorgo em processo de decomposição subsuperfície ou superfície e do solo testemunha.

Figura 1: Imagens ilustrativas das unidades experimentais utilizadas no estudo de decomposição de resíduos vegetais de sorgo aplicados na superfície do solo e análise dos macronutrientes.



Fonte: Autor, 2016.

Para avaliação da perda de matéria seca dos resíduos, acondicionou-se no interior dos potes, bolsas de decomposição (litter bags) em tecido de poliamida, com malha de 2 mm aproximadamente (diâmetro 08 cm, 0,005m²), contendo 7,4 g de matéria seca de resíduo e cada bolsa, correspondente a 15 t ha⁻¹. Após a montagem das unidades experimentais, o solo com os resíduos foi umedecido com 90 mL de água destilada.

Os recipientes foram vedados na parte superior e, a cada dois dias, os potes foram abertos por 15 min para realização das trocas gasosas. A umidade do solo foi corrigida constantemente com pulverização com jato de água, para manter a capacidade de campo. Transcorridos os tempos de avaliação, as bolsas de decomposição foram separadas do solo e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante, posteriormente foi realizado a caracterização da perda de matéria seca dos

resíduos e análise do teor de macronutrientes C, N, K, P, Ca e Mg. Avaliou-se também o solo de cada unidade experimental sendo estes secos ao ar livre, triturados e homogeneizados para caracterização dos atributos químicos do solo.

A análise química dos macronutrientes C, N, K, P, Ca e Mg nos resíduos vegetais seguiram o método descrito por Tedesco (1995). Para o Mg e Ca utilizou-se a determinação segundo MALAVOTA *et al.* (1997).

Com o teor de cada nutriente TN e a massa seca remanescente (MSR), foi calculado o conteúdo dos nutrientes remanescentes (CNR) dos resíduos da planta de cobertura pela equação 1.

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

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$), tempo necessário para decomposição de 50% da massa do resíduo, foi calculado conforme Paul e Clark (1989):

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

O tempo necessário para que 95% dos resíduos se decomponham ($t_{0,05}$) foi obtido conforme Thomas e Asakawa (1993):

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

Tendo como base o CNR, calculou-se a quantidade de mineralização (QM) e a porcentagem mineralizada (PM) de cada resíduo por meio das equações 4 e 5.

$$\text{QM} = \text{CI} - \text{CF} \quad \text{Eq.4}$$

$$\text{PM} = (\text{CF} * 100) / \text{CI} \quad \text{Eq.5}$$

Em que CI é o conteúdo inicial do nutriente (mg); e CF é o conteúdo final do nutriente (mg), remanescente do resíduo da planta de cobertura após 112 dias de incubação.

Para análise dos macronutrientes C, N, K, P, Ca e Mg no solo utilizou-se a metodologia da EMBRA, (1997).

A taxa de recuperação (TR) foi calculada para os macronutrientes P, K, Ca e Mg, com o intuito de indicar a quantidade do nutriente disponível para a planta, recuperado pelo extrator, por unidade do nutriente liberado do resíduo (MALUF et al., 2015), conforme equação descrita a seguir:

$$TR (\%) = (\text{Tratamento} - \text{Controle}) / \text{Resíduo} \times 100$$

Tratamento é a quantidade do nutriente disponível no solo com o resíduo (mg dm^{-3}); Controle é a quantidade do nutriente disponível no solo sem a aplicação do resíduo (mg dm^{-3}); e resíduo, a quantidade do nutriente liberada do resíduo cultural (mg).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e em seguida, de acordo com a significância, para os fatores qualitativos, foi realizado o teste de tukey. Para o fator quantitativo ajustou-se modelos de regressão que foram escolhidos com base na significância dos coeficientes e no potencial para explicar o fenômeno biológico em questão. A análise estatística foi realizada com o software estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Decomposição e conteúdo remanescente de macronutrientes no resíduo vegetal de sorgo.

A redução da massa de matéria seca, os teores remanescentes de macronutrientes (C, N, P, K, Ca e Mg) e a relação C/N submetidos a adição de resíduo de sorgo na superfície e incorporado ao solo, durante 112 dias foram descritos na (tabela 2). Os teores remanescentes médios de C, N, P, K, Ca, Mg e relação C/N dos resíduos aplicados na superfície corresponderam, respectivamente a: 43,29; 1,20; 0,18; 1,62; 0,78; 0,80 dag kg^{-1} e 38,05, enquanto no resíduo incorporado obteve-se as seguintes médias, respectivamente: 38,33; 1,25; 0,16; 0,70; 0,80; 0,54 e 32,33 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 sorgo após 112 dias de incubação em superfície e Subsuperfície em Cambissolo.

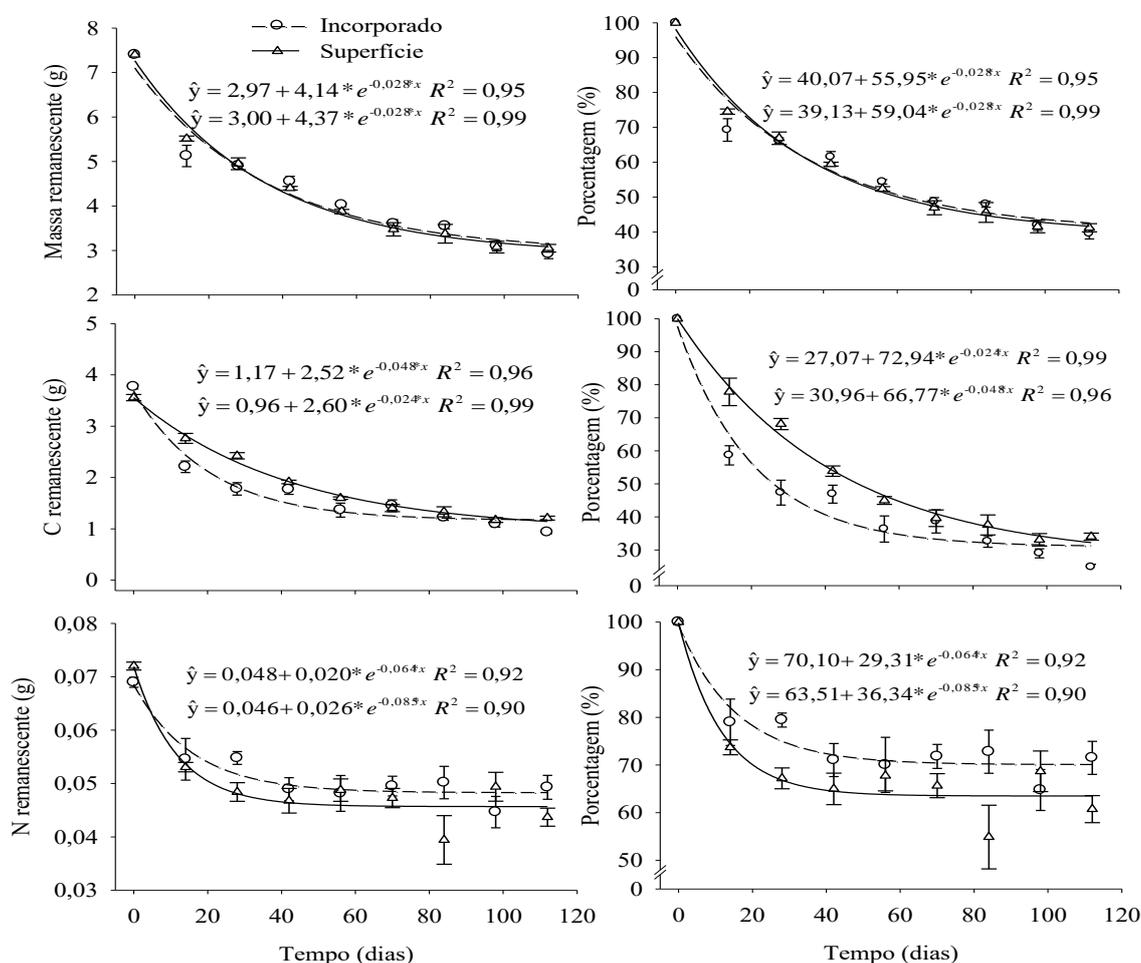
Tempo	MSR	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N
	---g---	-----dag kg ⁻¹ -----						
		-----Incorporado-----						
0	7,40	50,93	0,93	0,14	2,67	0,78	0,59	54,70
14	5,12	43,14	1,06	0,14	0,61	0,71	0,56	40,78
28	4,90	36,34	1,11	0,15	0,58	0,60	0,60	32,53
42	4,55	38,81	1,07	0,14	0,47	0,68	0,45	36,09
56	4,02	33,87	1,19	0,13	0,34	0,72	0,45	29,19
70	3,60	40,17	1,37	0,18	0,44	0,72	0,57	29,27
84	3,55	34,49	1,41	0,17	0,37	0,92	0,50	24,52
98	3,10	35,23	1,43	0,17	0,37	1,04	0,57	24,78
112	2,92	32,02	1,69	0,20	0,41	1,04	0,52	19,13
Média	4,35	38,33	1,25	0,16	0,70	0,80	0,54	32,33

		-----Superfície-----						
0	7,40	48,09	0,97	0,13	2,70	0,66	0,61	49,43
14	5,51	50,07	0,96	0,13	2,60	0,73	0,69	52,03
28	4,95	48,95	0,97	0,15	2,43	0,68	0,75	50,18
42	4,40	43,51	1,06	0,17	2,22	0,84	0,81	41,30
56	3,87	41,29	1,25	0,18	2,15	0,76	0,88	33,01
70	3,47	40,42	1,36	0,19	0,68	0,72	0,81	29,80
84	3,37	39,43	1,17	0,21	0,64	0,80	0,86	34,89
98	3,07	38,20	1,61	0,22	0,78	1,00	0,84	23,89
112	3,05	39,68	1,43	0,23	0,51	0,88	0,91	27,89
Média	4,34	43,29	1,20	0,18	1,64	0,78	0,80	38,05

Teixeira *et al.* (2012), comparando os resíduos de milho, sorgo e vegetação espontânea observaram liberação de nutrientes da matéria seca das plantas de cobertura. Verificou que após 120 dias, houve mineralização de 58, 65, 69 e 91 % de N. Além disso, obteve 67, 79, 74 e 85% de P e de 99, 99, 99 e 99% de K, respectivamente para o ENA 2, BRS 1501, sorgo e Vegetação espontânea, corroborando com os resultados obtidos na (tabela 2), neste experimento, que foi de 1,25 e 1,20 dag kg⁻¹ para o N dos resíduos subsuperfícies ou superfícies, respectivamente, o P foi 0,16 e 0,18 dag kg⁻¹ e o K 0,70 e 1,64 dag kg⁻¹, para os resíduos de sorgo incorporado e superfície, respectivamente. A taxa de mineralização de cada nutriente das plantas de cobertura avaliadas pode favorecer o plantio das culturas comerciais subsequentes, em função de suas necessidades para cada nutriente, diminuindo-se desta forma os custos com adubação mineral.

A massa seca remanescente do resíduo decresceu de modo exponencial com o aumento do tempo de incubação, para ambos os manejos adotados (Figura 2). Aos 112 dias de incubação a massa remanescente correspondeu a 68,45; 67,85; 42,08; e 42,87%; respectivamente, para o manejo do resíduo em superfície e subsuperfície. O tempo necessário para que 50 e 95% dos resíduos se decomponham ($t_{0,05}$), para ambos os manejos, foi de 25 e 107 dias, respectivamente. Indicando a rápida decomposição desse resíduo vegetal, possivelmente em decorrência da elevada temperatura (temperatura média acima de 25° C) e adequadas condições de umidade do solo durante o período de condução do estudo. Segundo Lynch *et al.* (2016) maiores taxas de perda de massa inicialmente indicam efeitos climáticos favoráveis, como a umidade na capacidade de campo, temperatura média diária entre 25° e 30° C.

Figura 2. 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 sorgo na superfície e subsuperfície do solo.



A mineralização do C foi maior no resíduo vegetal de sorgo incorporado ao solo, com tempo de meia vida de 14 dias, e de 63 dias para decompor 50 e 95% do C, enquanto no tratamento com resíduo depositado na superfície do solo o tempo de meia vida correspondeu há 29 dias e o tempo para decompor 95% do C foi de 125 dias. A relação C/N média dos resíduos de sorgo foi de 32,33 e 38,05 para o manejo incorporado e em superfície, respectivamente. O teor médio na (Tabela 3) de lignina foi maior no final do período de incubação e no tratamento com resíduos incorporados, em comparação ao tempo inicial de incubação e ao manejo do resíduo na superfície do solo. Indicando maior taxa de decomposição para o resíduo incorporado ao solo, possivelmente em decorrência da maior interação entre os resíduos vegetais e os constituintes do solo, favorecendo a atividade microbiana decompositora.

Tabela 3: Teor de lignina obtido para o resíduo sorgo no início do período de incubação (T_0) e aos 112 DAÍ (T_{112}).

Manejo	Lignina, %	
	T_0	T_{112}
Incorporado	28,62 ($\pm 2,87$)	58,61 ($\pm 6,68$)
Superfície	28,62 ($\pm 2,87$)	41,26 ($\pm 11,95$)

Médias descritas entre parênteses indicam erro padrão da média.

A taxa de N remanescente no final dos 112 DAI correspondeu a 84,60 e 77,78% para a aplicação de resíduo subsuperfície e na superfície, respectivamente, indicando baixa taxa de mineralização do N nesse resíduo. Apesar na (tabela 4) disso, o $t_{1/2}$ foi de 11 e 8 dias no resíduo subsuperfície e de superfície, respectivamente, demonstrando que boa parte do N do resíduo foi solubilizado rapidamente após a sua deposição, porém num segundo momento ocorre a estabilização do N no solo sob formas orgânicas. Em conformidade com Zhang, Wang e Wang Zhang (2013), os microrganismos requerem C e outros nutrientes em proporções estequiométricas características. Assim em solos com menor teor de N e maior relação C/N, a atividade de microrganismos causada por adição de C orgânico envolve a utilização de N dos MOS nativa.

Tabela 4: Tempo de meia vida ($T_{1/2}$), constante de decomposição (K), valores R^2 ajustados

Manejo	Parâmetros da equação de decomposição			
	k	$T_{0,5}$	$T_{0,05}$	R^2
Massa Seca				
Subsuperfície	0,028	25	107	0,95
Superfície	0,028	25	107	0,99
Carbono				
Subsuperfície	0,024	29	125	0,99
Superfície	0,048	14	63	0,96
Nitrogênio				
Subsuperfície	0,064	11	47	0,92
Superfície	0,085	8	35	0,90
Potássio				
Subsuperfície	0,070	10	18	0,89
Superfície	0,091	8	214	0,94
Fósforo				
Subsuperfície	0,163	4	43	0,99
Superfície	0,014	50	33	0,96
Cálcio				
Subsuperfície	0,107	6	28	0,95
Superfície	0,032	22	94	0,90
Magnésio				
Subsuperfície	0,037	19	81	0,95
Superfície	0,011	63	273	0,94

K-constante de decomposição; $t_{1/2}$ -tempo de meia vida;

A taxa de P remanescente na (figura 3), no final dos 112 DAI correspondeu a 99,99 e 99,99% para a aplicação de resíduo incorporado ou em superfície, respectivamente. Indicando maior taxa de mineralização de P após a incorporação do resíduo ao solo. O $t_{1/2}$ foi de 43 e 33 dias no resíduo incorporado e superfície, respectivamente, demonstrando que boa parte do P do resíduo foi solubilizada rapidamente após a sua deposição, porém num segundo momento ocorre a estabilização do P no solo sob formas orgânicas.

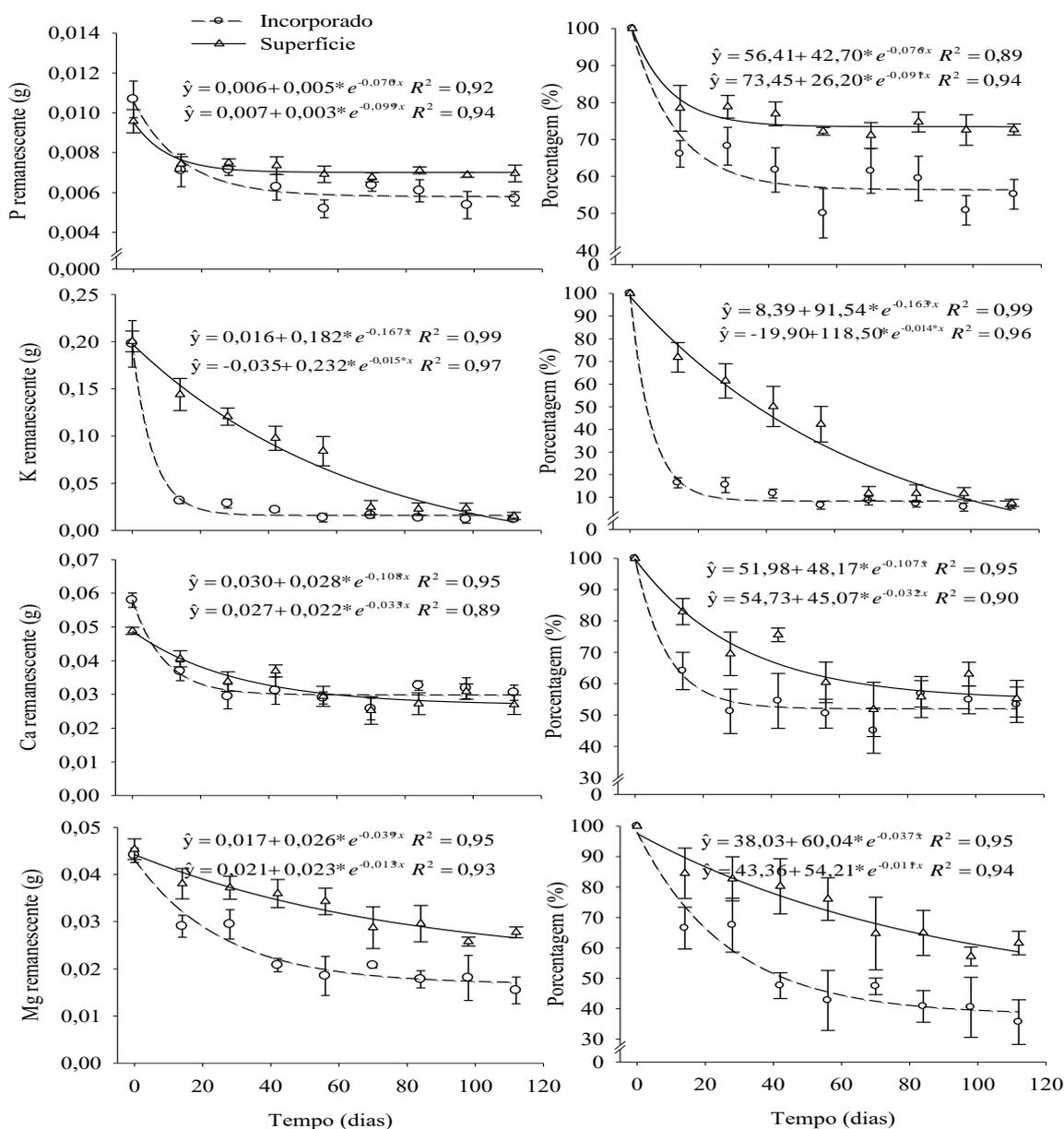
Para o macronutriente K verificou-se aos 112 DAI taxa remanescente de 26,33% e para aplicação de resíduos em subsuperfície, sendo que o $t_{1/2}$ foi de 10 e 8 dias nos resíduo superfície e de superfície, respectivamente, demonstrando à rápida mineralização do K e a sua baixa porcentagem remanescente no resíduo vegetal, após 112 DAI, sendo que com a deposição o resíduo do sorgo no solo em superfície, o valore de K foram negativos, indicando imobilização de K. Teixeira *et al.* (2012), verificaram

mineralização superior a 90% do K presente nos resíduos vegetais de sorgo aos 40 dias após sua deposição no solo.

A taxa remanescente de Ca aos 112 DAI foi de 99,99 e 77,02%, e o $t_{1/2}$ foi de 6 e 22 dias para os manejos de resíduos subsuperfície e em superfície, respectivamente. Segundo Santos *et al.* (2014) constataram no volume de palhada de milho mais *Brachiaria ruziziensis*, que o Ca se teve 17,0 (81 %) de liberação em 115 dias em decomposição.

Por outro lado, o Mg apresentou-se valores de 99,99 e 99,99% para o resíduo incorporado e de superfície, sendo que o $t_{1/2}$ foi de 19 e 63 para os resíduos subsuperfície e de superfície, respectivamente. Portanto, o resíduo em superfície proporcionou menor mineralização no primeiro 14 dias, ocorrendo a mineralização lentamente. Já o resíduo subsuperfície apresentou mineralização mais rápida nos 14 dias e proporcionou a mineralização gradativa até os 112 dias. Maluf *et al.* (2015), observou que o resíduo de estilosantes apresentou a menor quantidade mineralizada de Mg, comparado aos demais resíduos (milho, feijão e braquiária), ocorrendo mineralização entre 30 e 50%, aproximadamente.

Figura-3: Conteúdo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) remanescentes no resíduo de sorgo manejado em subsuperfície ou na superfície do Cambissolo.



5.2 Mineralização dos macronutrientes no resíduo vegetal de sorgo

O C mineralizado ao longo do tempo de incubação ajustou-se ao modelo exponencial crescente (Tabela 5), e o resíduo de sorgo incorporado ao solo propiciou maior taxa de mineralização do C, com 75,22%, enquanto no resíduo depositado em superfície obteve-se 65,68% de taxa de mineralização aos 112 DAI. Segundo Calonego

et al. (2012), a liberação do nitrogênio dá-se por duas fases, sendo a primeira com a decomposição rápida dos componentes estruturais da planta, que facilmente se decompõe, e possui baixa relação C/N; Já a segunda fase é a decomposição lenta de materiais mais resistentes, que possuem relação C/N maior.

O N foi o nutriente com menor taxa de mineralização, com quantidade mineralizada de 19,68 mg (28,53%) e 28,32 mg (39,33%) para os resíduos de sorgo incorporados ou deposto na superfície do solo, respectivamente, sendo que os resíduos em superfície foram os que tiveram maior liberação em comparação com o incorporado em 112 DAI de decomposição.

De acordo com Acosta *et al.* (2014) os processos de mineralização e liberação podem ser afetados pelo nível de aporte de resíduos e forma de ser manejados, especialmente, pela relação C/N. Entretanto, foi observado maior taxa de decomposição dos resíduos e a maior liberação de N em: ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta. Sendo que a relação C/N dos resíduos determinante no processo lábil e recalcitrante da fitomassa das plantas de cobertura.

O conteúdo de P mineralizado nos resíduos de sorgo incorporado ao solo ou aplicado em superfície foram de 4,99 mg (46,71%) e 2,62 mg (27,37%), respectivamente. Com isso obteve-se maior liberação de P para o solo no tratamento com resíduo incorporado. Para K o conteúdo mineralizado no final do período de incubação foi semelhante entre os sistemas de manejo e obteve-se elevada liberação, com 94,06 e 92,34% K total presente no resíduo subsuperfície ou aplicado em superfície, respectivamente. Pela (tabela 5) certifica-se que a quantidade de mineralização do K foi de 185,93 e 184,88 mg para os resíduos incorporado e superficial, respectivamente, notificando que a mineralização de K foi bastante alta para os dois tratamentos.

A mineralização do Ca foi verificada com 27,42 mg (47,33%) e 21,88mg (44,80%) para os resíduos subsuperfície e de superfície, respectivamente. Com isto foi verificado nos resíduos subsuperfície ou de superfície de conteúdo final de 30,52 e 26,96 mg, respectivamente. Para o conteúdo de Mg mineralizado nos resíduos de sorgo subsuperfície ao solo ou aplicado em superfície foram de 28,61 mg (64,96%) e 17,62 mg (38,84%), respectivamente. Com isso obteve-se maior liberação de Mg para o solo no tratamento com resíduo subsuperfície apresentando o conteúdo final de 15,43 mg e o resíduo em superfície de 27,74 mg, portanto, ocorreu maior liberação do Mg nos resíduos em subsuperfícies.

Tabela 5. Conteúdos médios iniciais (CI) e finais (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 sorgo aplicados na superfície (Sup.) e subsuperfície (sub.) ao solo e modelos ajustados para o conteúdo do nutriente mineralizado (CNM), seguido do coeficiente de determinação (R^2).

Manejo	CI	CF	QM	PM	Equação (CNM)	R^2
	-----mg-----			----%----		
					Carbono	
Sub.	3769,20	933,83	2835,37	75,22	$\hat{y}=2591,06*(1-e^{(-0,0509*X)})$	0,96
Sup.	3558,78	1210,57	2348,21	65,98	$\hat{y}=2595,27*(1-e^{(-0,0238*X)})$	0,96
					Nitrogênio	
Sub.	68,96	49,29	19,68	28,53	$\hat{y}=20,66*(1-e^{(-0,0647*X)})$	0,92
Sup.	72,01	43,69	28,32	39,33	$\hat{y}=26,32*(1-e^{(-0,0854*X)})$	0,90
					Fósforo	
Sub.	10,67	5,69	4,99	46,71	$\hat{y}=4,87*(1-e^{(-0,0711*X)})$	0,92
Sup.	9,58	6,96	2,62	27,37	$\hat{y}=2,12*(1-e^{(-0,0007*X)})$	0,71
					Potássio	
Sub.	197,68	11,75	185,93	94,06	$\hat{y}=181,63*(1-e^{(-0,1672*X)})$	0,99
Sup.	200,22	15,33	184,88	92,34	$\hat{y}=231,33*(1-e^{(-0,0156*X)})$	0,97
					Cálcio	
Sub.	57,94	30,52	27,42	47,33	$\hat{y}=28,08*(1-e^{(-0,1077*X)})$	0,95
Sup.	48,84	26,96	21,88	44,80	$\hat{y}=22,04*(1-e^{(-0,0329*X)})$	0,89
					Magnésio	
Sub.	44,04	15,43	28,61	64,96	$\hat{y}=27,12*(1-e^{(-0,0404*X)})$	0,95
Sup.	45,36	27,74	17,62	38,84	$\hat{y}=22,50*(1-e^{(-0,0157*X)})$	0,93

Sub.=subsuperfície; Sup.=superfície;

5.3 Alterações nos atributos químicos do solo.

Os atributos químicos do solo foram influenciados ($p<0,05$) pelo manejo dos resíduos vegetais e tempo de incubação, obtendo-se interação entre esses fatores para todos os atributos (Tabela 6), a interação entre manejo e tempo foi significativa para todos macronutrientes avaliados no estudo, além disso, para o bloco não foi significativo para todos os nutrientes analisados. Apresentando que a utilização de resíduos de sorgo contribui de maneiras significativas para o solo, mantendo sua estrutura física e química e biologia para o desenvolvimento das culturas subsequentes.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo durante 112 dias de incubação (Tempo) sem resíduo vegetal de sorgo, com resíduo subsuperfície ou aplicado na superfície do Cambissolo (Manejo).

FV	GL	Quadrado médio					
		P	P-rem	K	Ca	Mg	
Bloco	3	0,020 ^{ns}	42,575 ^{ns}	178,306 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,312 ^{ns}	
Manejo (M)	2	72,710 ^{**}	46,802 ^{ns}	16.1559,370 ^{**}	0,584 ^{**}	1,266 ^{**}	
Tempo (T)	8	45,787 ^{**}	56,004 ^{ns}	22.446,988 ^{**}	0,339 ^{**}	0,488 ^{**}	
M versus T	16	48,631 ^{**}	59,322 ^{**}	4.818,402 ^{**}	0,321 ^{**}	0,510 ^{**}	
M-1	7	0,227 ^{ns}	18,526 ^{ns}	611,028 ^{**}	0,121 ^{ns}	0,309 ^{ns}	
M- 2	7	0,259 ^{ns}	71,878 ^{**}	15.280,069 ^{**}	0,340 ^{**}	0,714 ^{**}	
M- 3	7	142,521 ^{**}	84,243 ^{**}	16.192,694 ^{**}	0,520 ^{**}	0,485 ^{**}	
Resíduo	78	0,121	30,885	121,491	0,076	0,216	
CV (%)		13,430	19,550	4,230	3,830	25,700	
Média		1,930	28,433	260,340	7,220	1,810	

FV	GL	Quadrado médio						
		pH	H+Al	SB	t	T	V	C.O.
Bloco	3	0,004 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,332 ^{ns}	0,332 ^{ns}	0,339 ^{ns}	1,219 ^{ns}	0,017 ^{ns}
Manejo (M)	2	0,736 ^{**}	0,421 ^{**}	0,157 ^{ns}	0,157 ^{ns}	1,092 ^{**}	21,120 ^{**}	0,417 ^{**}
Tempo (T)	8	0,337 ^{**}	0,217 ^{**}	0,694 ^{**}	0,695 ^{**}	0,188 ^{ns}	25,634 ^{**}	0,227 ^{**}
M x T	16	0,061 ^{**}	0,120 ^{**}	0,406 ^{**}	0,406 ^{**}	0,610 ^{**}	7,120 ^{**}	0,133 ^{**}
M-1	7	0,122 ^{**}	0,212 ^{**}	0,357 ^{ns}	0,357 ^{ns}	0,352 ^{ns}	17,049 ^{**}	0,310 ^{**}
M- 2	7	0,083 ^{**}	0,109 ^{**}	0,777 ^{**}	0,777 ^{**}	0,871 ^{**}	9,111 ^{**}	0,091 ^{**}
M- 3	7	0,264 ^{**}	0,137 ^{**}	0,372 ^{**}	0,372 ^{**}	0,185 ^{ns}	13,715 ^{**}	0,917 ^{**}
Resíduo	78	0,004	0,017	0,177	0,177	0,198	1,258	0,019
CV (%)		0,900	9,300	4,340	4,340	4,010	1,280	7,160
Média		7,040	1,393	9,691	9,691	11,084	87,491	1,920

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 na subsuperfície do solo; CV: coeficiente de variação em porcentagem.

O teor de P no solo na (tabela 7) foi considerado significativo ($2,59 \text{ mg dm}^{-3}$) e a aplicação de resíduos vegetais de modo incorporado ao solo possibilitou aumento do teor de P para $4,23 \text{ mg dm}^{-3}$, em comparação ao solo que não recebeu resíduos (testemunha), no entanto, no solo manejado com resíduos em superfície obteve-se o menor teor de P, com $1,66 \text{ mg dm}^{-3}$). Possivelmente a menor taxa de mineralização do P do resíduo aplicado em superfície associado ao aumento da atividade microbiana (imobilização microbiana do P) propiciaram essa redução no teor trocável de P no solo.

O K apresentou um elevado teor, sendo que o subsuperfície apresentou um de 319,36 mg dm⁻³ em comparação com o solo testemunha foi de 187,53 mg dm⁻³ sem condicionamento de resíduos o solo, bem com o resíduo em superfície apresentou-se um teor de 274,14 mg dm⁻³ para o solo, portanto, diferiu-se do tratamento testemunha, como o tratamento em superfície que este diferiu-se dos demais bem como o tratamento em subsuperfície diferiu dos demais tratamento, apresentando assim a importância do uso resíduos culturais sob o solo.

O teor de Ca, no solo foi bastante elevado (7,21. cmol_c dm⁻³) e praticamente não diferiu entre os tratamentos em superfície ou incorporado e da solo testemunha. Sendo que o solo de superfície se apresentou 7,09 cmol_c dm⁻³ e o incorporado de 7,21 cmol_c dm⁻³ para o solo.

O teor de Mg para o solo testemunha foi de 1,93 cmol_c.dm⁻³ equivalente ao manejo em que os resíduos em superfície, sendo que o subsuperfície diferiu dos demais tratamentos. Possivelmente a menor taxa de mineralização do Mg do resíduo aplicado em superfície associado ao aumento da atividade microbiana (imobilização microbiana do Mg) propiciaram essa redução no teor trocável de Mg no solo.

Resultados obtidos nesse estudo reafirmam a importância da utilização do sorgo como cultura de cobertura para melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, pois contribuem para a liberação gradativa de nutrientes para as plantas, entre outras. Processo de mineralização dos nutrientes nos resíduos vegetais é intensificado à medida que são incorporados ao solo. Essa prática de manejo é considerada indispensável para a sustentabilidade de solos cultivados em regiões de clima tropical.

Tabela 7. Macronutrientes e propriedades químicas do solo a incubação de resíduo vegetal de sorgo em sua superfície ou Subsuperfície de 0-5 e 0-20 cm.

Manejo	Macronutrientes do solo						
	P	P-rem	K	Ca	Mg		
	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----			
Testemunha	1,89 b	28,47 a	187,53 c	7,34 a	1,93 a		
Superfície	1,66 c	29,55 a	274,14 b	7,09 b	1,90 a		
Subsuperfície	4,23 a	27,27 a	319,36 a	7,21 ab	1,59 b		
Média	2,59	28,43	260,34	7,21	1,81		
	Propriedades químicas do solo						
	pH	H+AL	SB	t	T	V	C.O
		-----Cmol _c dm ⁻³ -----				%	dag kg ⁻¹
Testemunha	6,95 b	1,51 a	9,76 a	9,76 a	11,27 a	86,69 c	1,80 b
Superfície	6,96 b	1,38 b	9,69 a	9,69 a	11,07 ab	87,56 b	1,96 a
Subsuperfície	7,20 a	1,29 c	9,62 a	9,62 a	10,92 b	88,22 a	2,01 a
Média	7,04	1,39	9,69	9,69	11,08	87,49	1,92

O Valor de pH (Tabela 7) no solo foi observado (6,96 e 7,20), o qual apresentavam os resíduos em superfície ou subsuperfície, respectivamente. Comparando com a solo testemunha mantém se em trono de 6,95 cmol_c dm⁻³ no solo em que não foi adicionado o resíduo, confirmado que o pH em no solo praticamente manteve estável entre os tratamentos.

Para o H+Al o teor (1,39 cmol_cdm⁻³), assim como foi notificado para o solo em que o resíduo foi colocado em superfície ou subsuperfície do foram de 1,38 e 1,29 cmol_c dm⁻³, tendo sido foi observado no solo testemunha 1,51cmol_c dm⁻³, comprovando que o solo contém baixo teor de alumínio. A soma de Base (SB) atingiu um teor médio de 9,69cmol_cdm⁻³ sendo que não diferiu do solo em superfície ou subsuperfície em que o teor foi de 9,69 e 9,62cmol_c dm⁻³,respectivamente, e foi praticamente os mesmos valor encontrado no solo testemunha (9,76 cmol_c dm⁻³), sendo os menores valores observados para o t no solo.

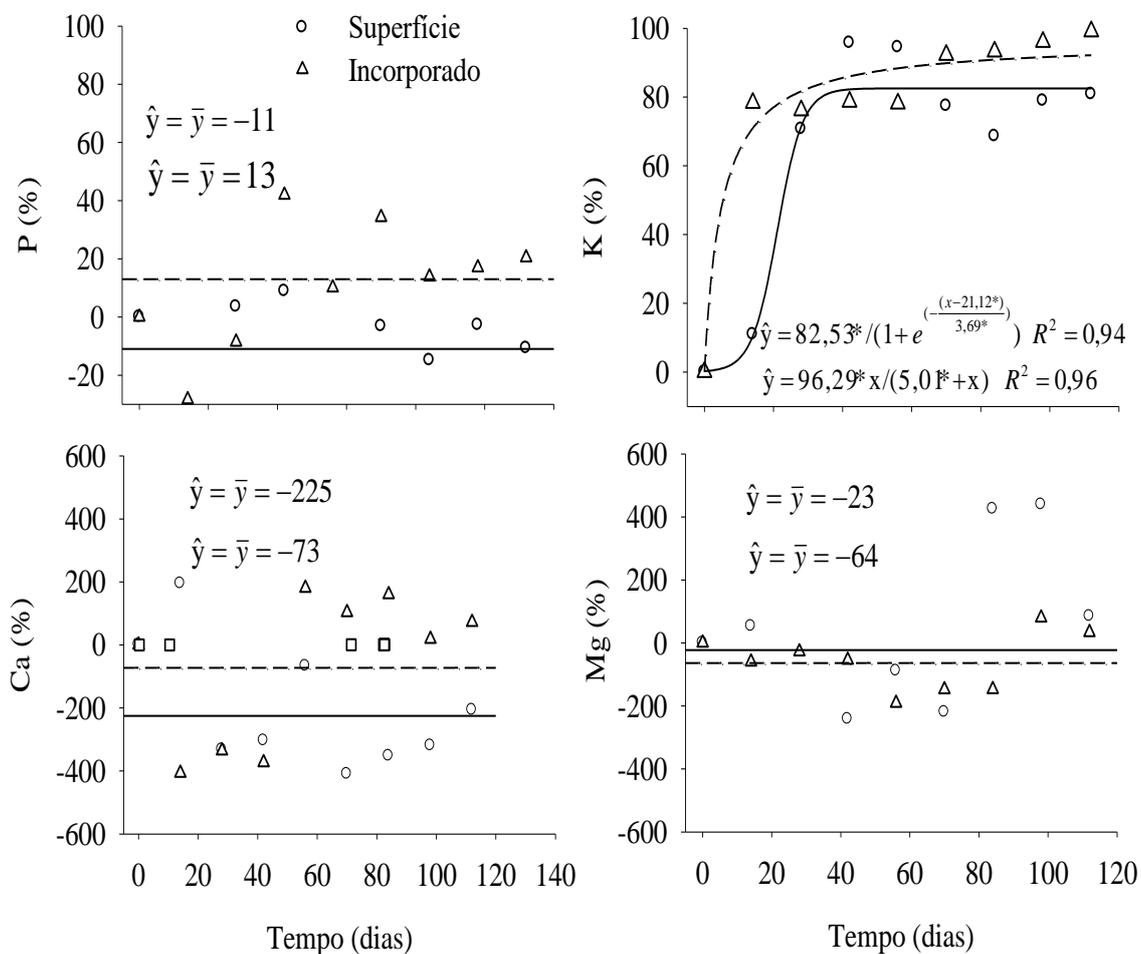
Para o T foi observado o teor médio de 11,08 cmol_c dm⁻³, já o solo de superfície ou incorporado foram de 11,07 e 10,92 cmol_c dm⁻³, não diferenciando do solo testemunha, que foi de 11,27cmol_c dm⁻³. Já o V apresentou o teor de 87,49 % no solo, sendo que com a solo testemunha, foram 86,69% o solo em que foram condicionados os resíduos em superfície ou subsuperfície foram verificados teores de 87,56 e 88,22% evidenciando que não houve grande divergência entre os tratamentos e o solo testemunha.

O teor de C.O no solo foi considerado muito baixo ($1,92 \text{ dag kg}^{-1}$) e a aplicação de resíduos vegetais de modo subsuperfície ao solo possibilitou aumento do teor de C.O para $2,01 \text{ dag kg}^{-1}$, em comparação ao solo que não recebeu resíduo (testemunha), no entanto, no solo manejado com resíduos em superfície obteve-se o menor teor de C.O, com $1,96 \text{ dag kg}^{-1}$. Possivelmente a menor taxa de mineralização do C.O do resíduo aplicado em superfície associado ao aumento da atividade microbiana (imobilização microbiana do C.O) propiciaram essa redução no teor de C.O no solo.

No solo manejado com resíduo subsuperfície obteve-se maior taxa de recuperação de P e K, em comparação a aplicação superficial do resíduo (Figura 4). De acordo com Santos *et al.* (2014) foi verificada a liberação de nutrientes em milho e braquiária, com o respectivo percentual em relação à quantidade total de nutrientes acumulada na planta, até o final das avaliações de $7,8$ (80 %) e $42,2$ (94 %) kg ha^{-1} de P, respectivamente. Corroborando com o resultado observado nos resíduos de sorgo, a taxa de recuperação correspondeu a 13 e 96,29% para P e K, no solo com resíduo subsuperfície, como consequência da maior disponibilização de nutrientes, provenientes do processo de decomposição microbiano dos resíduos vegetais.

Para Ca e Mg as taxas de recuperação foram negativas, indicando que a aplicação de resíduos vegetais não contribuiu para o aumento da disponibilidade desses nutrientes para as plantas (Figura 3). Possivelmente em virtude da menor contribuição dos resíduos para as formas trocáveis de Ca e Mg no solo e pelo aumento da atividade microbiana, favorecendo a imobilização desses nutrientes. Santos *et al.* (2014) encontrou uma quantidade total de nutrientes acumulada na planta, até o final das avaliações, de $48,6$ (74 %) e $17,0$ (81 %); kg ha^{-1} de Ca, Mg, respectivamente, durante 110 dias após a decomposição dos resíduos de milho e braquiária.

Figura 4. Taxas de recuperação de P, K, Ca e Mg, pelos extratores Mehlich 1 e KCl, após a incubação de resíduos de sorgo na superfície e incorporado no Cambissolo.



6-Conclusão

- 1-Os dois manejos de resíduos de sorgo apresentam rápida liberação de K e N.
- 2-O resíduo do sorgo incorporado propicia maior taxa de mineralização do C e aumenta os teores de P e K no solo em comparação a aplicação superficial desse resíduo.
- 3-No solo manejado com resíduo incorporado obtém-se maior taxa de recuperação de P e K, em comparação a aplicação superficial do resíduo.
- 4-As taxas de recuperação de Ca e Mg do solo, após a aplicação dos resíduos vegetais, são negativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA J.A. DE A.; AMADO, T. J. C. SILVA, L.S. DA; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.801-809, 2014.

ALBUQUERQUE, C.J.B. PINHO, R.G.V. RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. DA S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciência e agrotecnologia.** , Lavras, v. 35, n. 3, p. 494-501,2011.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H.S.; De Paepe, J.L. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis, *Soil and Tillage Research*, v. 170, p. 53-65, 2017.

ALVES, E. M.& CUNHA, W. L. da. A importância da agricultura orgânica na visão social e ecológica. **Revista Apucarana**, Apucarana, v.9, n. 1, p. 01-07, 2012.

BOER,C.A.;ASSIS,R.L.de;SILVA,G.P;BRAZ,A.J.B.P.;BARROSO,A.L.de.L.;CARGN ELUTTI FILHO,A.; & PIRES,F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa,v.10,n.1, p.843-851,2008

BORGES, W.L.B.; FREITAS, R. S. DE; MATEUS, G.P.; SÁ, M. E. DE; ALVES, M. C. Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.5, p.799-805,2015.

BRANCALIÃO, S. R. & MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um nitossolo vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, V.19, n 1, p.394-402, 2008.

BURIN, P.C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de *Urochloa brizantha* cv. Piatã Decomposition and cycling of nutrients from waste

Urochloa brizantha cv. Piatã. **Revista Eletrônica de Veterinária**, V.18, n.9, p.1-22, 2017.

CALONEGO, J.C., GIL, F. C., ROCCO, V. F. SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal** Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CARVALHO, W. P. DE, CARVALHO, G. J. DE ABBADE NETO, D. DE O. E TEIXEIRA, L.G. V. Desempenho agrônomico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.157-166, 2013.

CHIODINI, B. M., SILVA, A. G. da, NEGREIROS, A.B. & MAGALHÃES, L.B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber** Cascavel, v.6, n.1, p.181-190, 2013.

CORREIA, N. M. & DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008.

COSTA, E. M. DA; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P. R. DE A. Matéria Orgânica do Solo e o seu Papel na Manutenção e Produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.1845, 2013.

CRUSCIOL, C.A.C., MORO, E., LIMA, E. DO V., ANDREOTTI, M. Taxa de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Instituto Agrônomico de Campinas**, Brantina, v.67, n. 2, p.481-489, 2008.

DINIZ, G. M. M. (2010) Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais. em Melhoramentos Genético de Plantas) **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Recife, 2010.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D.A.; J. SCHIRMANN, J. & GONZATTO, R. Fitomassa e Decomposição de Resíduos de

Plantas de Cobertura Puras e Consorciadas **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, V.1 n.9 p 1714-1723,2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de Análise de solo**/ Centro Nacional de pesquisa de Solos – 2. ed.rev.atual. -Rio de Janeiro,1997.212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de EPAMIG**. Pesquisa Tecnologia Sociedade. Governo do estado de Minas Gerais secretaria de estado de agricultura, pecuária e abastecimento sistema estadual de pesquisa agropecuária,1999.

FERREIRA, L. E. SILVA, I. DE F. DA, SOUZA, E.P. DE, SOUZA, M. A., BORCHARTT, L. Caracterização física de variedades de sorgo submetidas a diferentes adubações em condição de sequeiro. **Revista Verde**, Mossoró v.7, n.1, p. 249 - 255,2012.

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

FREITAS, G. A. DE, SOUSA, C. R. DE, CAPONE, A., AFFÉRI, F. S., MELO, A. V. DE, & SILVA, R. R. da. Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Journal of biotechnology and biodiversity**. v. 3, N.1: p. 61-67,2012.

HARUNA, S.I.; NKONGOLO, N.V. Cover Crop Management Effects on Soil Physical and Biological Properties, *Procedia Environmental Sciences*, v. 29, p.13-14, 2015

HENTZ, P., CARVALHO, N. L., LUZ, L.V. & BARCELLOS, A. L.Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.**Ciência e Natura**,Santa Maria v. 36,p. 663-676,2014.

HUBBARD, R.K.; Strickland, T.C.; Phatak, S. Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA, **Soil and Tillage Research**, v 126, p.276-283, 2013.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Estatísticas econômicas, 2017.

KASPAR, T.C.&SINGER, J.W.T.Use of cover crops to manage soil. **Agricultural Research servisse** n .9 n 1, p. 321-337,2011.

KONDO, M. K.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; WENDLING, B.; SILVA, P. B. da; CARDOSO, M. M. Efeito de Coberturas Vegetais sobre os Atributos Físicos do Solo e Características Agronômicas do Sorgo Granífero. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n 1, p. 33-40,2012.

LEITE, L. F. C., FREITAS, R. DE C. A.DE SAGRILO, E.E GALVÃO, S. R. DA S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**. v. 41, n. 1, p. 29-35,2010.

LYNCH, M. J., MULVANEY, M. J., HODGES, S. C. THOMPSON, T. L. AND THOMASON, W.E. Decomposition and carbon mineralization from food and cover crop residues in the central plateau of Haiti. **Springer Plus**, v 7, n 1, p.2-9,2016.

MAGALHAES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; KARAM, D.; CANTAO, F. R. de O. Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo** v.10, n 1 p.1-7,2009.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas** Princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 158-159.

MALUF, H. J.G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; SILVA, L. DE. O. G. Decomposição de Resíduos de Culturas e Mineralização de Nutrientes em Solo com Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa.p.1683-1689,2015.

MIRANDA, N. DE O. GÓES, G. B. DE, ANDRADE NETO, R. C., LIMA, A, S. Sorgo forrageiro em sucessão a adubos verdes na região de Mossoró, RN. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.2, p.202-206,2010.

NASCIMENTO, M.F., CAMPOS, M.C.C., SILVA, D.M.P.da, MANTOVANELLI, B.C., GOMES, R.P., WECKNER, F. da C., JORDÃO, H. W.C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino (*Sorghumbicolor*(L.) Moench), **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Nativa, v.5, n.6, p.381-385,2017.

PEREIRA FILHO, I. A. PARRELLA, R. A. DA C., MOREIRA, J. A. A., MAY, A., SOUZA, V. F. DE & CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [sorghum bicolor (l.) moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Lavras, v.12, n.2, p. 118-127, 2013.

PERIN, A. SANTOS, R.H.S. CABALLERO, S.S.U. GUERRA, J.G. M., GUSMÃO, L.A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 274-281,2010.

SÁ, J.C.M., LAL, R., DICK, W.A., PICCOLO, M.C., FEIGL, B.E. 2009. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian **Oxisol**. **Soil Tillage Research**, Research, 104, p.56-64,2009.

SANTOS, F.C.DOS, ALBUQUERQUE FILHO, M.R.DE, VILELA, L., FERREIRA, G.B., C ARVALHO, M.DAC.S.& VIANA, J.H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, n 1, p.1855-1861,2014.

SILVA, V.M.DA, TEIXEIRA, A.F.R., SOUZA, J.L.DE, GUIMARÃES, G.P., BENASSI, A. C. & MENDONÇA, E. de S. Estoques de carbono e nitrogênio e densidade do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon. **Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v 10, v 1 p.1436-1444, 2015.

SORATTO,R.P.,CRUSCIOL,C.A.C.,COSTA,C.H.M.DA,FERRARI NETO, J.& CASTRO, G. S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1462-1470,2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, A.C.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS,J.S. **Análise de Solo, Plantas e outros Materiais**. Boletim técnico nº 5,2ª ed. Ver. e ampl. - Porto Alegre: departamento de solos. UFRGS, 1995. p.106.

TEIXEIRA, M. B., LOSS, A., PEREIRA, M. G., PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia** (Chile) V. 30, n. 1, p. 55-64,2012.

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de Nutrientes da Parte Aérea de Plantas de Milho e Sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, vol. 35, n 3, p. 867-876,2011.

TEIXEIRA, C.M., CARVALHO, G.J. DE, ANDRADE, M.J.B. DE, SILVA, C. A., & PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 31, n. 4, p. 647-653, 2009.

TORRES, J.L.R., PEREIRA, M.G., FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428,2008.

ZHANG, W., WANG, X., WANG, S. Addition of External Organic Carbon and Native Soil Organic Carbon Decomposition: A Meta-Analysis. **Plosone**, Caroline, V.8, n.2, P. 1-6,2013.¹