



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA (DECO)

SARA DE JESUS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO USO DA TERRA SOBRE OS ESTOQUES DE
CARBONO EM SOLOS DA CAATINGA UTILIZANDO O MODELO
CENTURY**

São Cristóvão (SE)

2019.1

SARA DE JESUS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO USO DA TERRA SOBRE OS ESTOQUES DE
CARBONO EM SOLOS DA CAATINGA UTILIZANDO O MODELO
CENTURY**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Siqueira Pinto

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ecologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

São Cristóvão (SE)

2019.1

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo em minha vida. Agradeço ao meu orientador Alexandre de Siqueira Pinto, por toda contribuição, paciência e motivação durante a realização do presente trabalho. A todos os meus colegas de laboratório (Maiara, Vitor, Irene, Raiane e Rosi) pelos bons momentos de risadas e de apoio. Quero agradecer também a todos os professores do departamento de ecologia (DECO) por toda contribuição acadêmica. E por fim, a minha família que sempre me ajudou, especialmente aos meus pais Maria da Hora e José Matias que mesmo sob as dificuldades impostas ao pequeno agricultor familiar, sempre fizeram de tudo para mim e todos os meus irmãos estudarem.

Obrigada a todos!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama do fluxo global do modelo Century.....	7
Figura 2. Ambiente do modelo Century mostrando a relação entre os programas e os arquivos acessórios.....	8
Figura 3. Esquema do manejo utilizado para avaliar o efeito do uso terra sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE.....	9
Figura 4. Distribuição dos sítios utilizados para calibração do modelo Century.....	12
Figura 5. Distribuição da precipitação anual no período entre 1981 e 2010 (INMET, 2019).....	15
Figura 6. Relação entre valores observados de estoque de C dos solos e simulados pelo modelo Century em diferentes sítios de Caatinga nativa. Para a simulação foram utilizados parâmetros calibrados para A) regiões áridas (ARIDSL) e B) savanas temperadas (TSAVAN).....	16
Figura 7. Média da precipitação mensal dos sítios de Caatinga utilizados para calibração do modelo Century e valores de mortalidade mensal de folhas na parametrização do estrato arbóreo para savanas temperadas (TSAVAN) e ajustado para a Caatinga.....	17
Figura 8. Simulação dos estoques de carbono em diferentes sítios de Caatinga nativa após o ajustamento do modelo Century.....	18
Figura 9. Diferença entre valores simulados e observados para estoque de C da vegetação nativa de Caatinga com o modelo Century (erros por sítios).....	19
Figura 10. Simulação do efeito do cultivo de milho e feijão em manejo convencional sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE. Os valores entre parênteses representam o erro do modelo (comparação entre valores simulados e observados).....	21
Figura 11. Simulação do efeito do cultivo de milho e feijão sobre os estoques de C em solos de Canindé de São Francisco SE utilizando dois sistemas de manejos agrícolas (convencional e plantio-direto). Os valores entre parênteses representam o erro do modelo (comparação entre valores simulados e observados) e também o efeito da utilização de plantio direto em relação à plantio convencional (seta cinza).....	24

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Caracterização dos sítios utilizados para a calibração do modelo Century. ...	13
Tabela 2. Valores climatológicos dos sítios para a calibração do modelo Century.	14
Tabela 3. Comparação de estoque de carbono na biomassa aérea e grãos de milho e feijão obtidas através de levantamento bibliográfico (observado) com valores calculados através do modelo Century (simulado) para Canindé de São Francisco SE.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Uso da terra e efeitos nos estoques de C do solo	3
2.2. Agricultura familiar na Caatinga	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3.1 Levantamento de dados para calibração do modelo Century	5
3.2 Descrição do modelo	6
3.2 Estabilização dos estoques de C nos compartimentos do ecossistema	8
3.3 Calibração e validação do modelo Century	9
3.2. Análises Estatísticas.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Calibração do modelo Century	11
5. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
APÊNDICE	33

RESUMO

O cultivo de milho e feijão corresponde a uma importante fonte de renda e subsistência no semiárido nordestino brasileiro. No entanto, o uso intensivo do solo associado a práticas agrícolas inadequadas vem comprometendo os estoques de carbono (C) nesse compartimento e, conseqüentemente, aumentando sua emissão para atmosfera. A modelagem ambiental tem auxiliado na compreensão dos efeitos do uso da terra na dinâmica de C no sistema solo-planta-atmosfera. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade do modelo Century em simular os efeitos do cultivo de milho e feijão em sucessão utilizando dois sistemas de manejo agrícolas (Convencional e Plantio Direto) sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE. A calibração do modelo Century (versão 4.5) consistiu em duas etapas (1) levantamento bibliográfico para obtenção de valores de entrada do modelo e de referência; (2) ajustes nos parâmetros previamente calibrados para savanas temperadas (TSAVAN) para melhor representação de características da Caatinga. Posteriormente, foi realizada a validação do modelo simulando o histórico de uso da terra de um sítio no município de Canindé de São Francisco, SE. O modelo apresentou performance satisfatória para simular os estoques de C em solos sob vegetação nativa, com relação significativa entre os valores observados e simulados ($r^2=0,78$, $P<0,05$), um erro médio baixo (-7%) e valor de coeficiente de eficiência do modelo (COE) de 0,74, o que indica uma performance aceitável. A simulação do cultivo do milho e feijão sob o sistema de manejo convencional resultou em um estoque de 34 Mg C ha⁻¹ no perfil de 0 a 20 cm do solo ao longo dos 20 anos desde a sua implantação, cujo erro do modelo ao final do período estudado foi de 8%. Diante desses resultados, o modelo mostrou-se eficiente na representação dos efeitos do uso do solo na Caatinga. Ao investigar o efeito de um manejo alternativo nesta região, caso fosse utilizado o plantio direto desde o início do cultivo seria possível atingir um estoque de 40,2 Mg C ha⁻¹, resultando em um acréscimo de 5,8 Mg C ha⁻¹ em relação ao sistema de manejo convencional. Portanto, concluímos que a aplicação de plantio direto seria uma interessante alternativa para o cultivo de milho e feijão na região devido ao seu potencial de mitigação das emissões de C do solo. Sugere-se que esta ferramenta seja utilizada para auxiliar no suporte a políticas públicas destinadas na busca de manejo ambientalmente sustentável em áreas do semiárido nordestino brasileiro.

Palavras-chave: Modelagem ambiental, rotação de culturas, sequestro de C, plantio direto.

1. INTRODUÇÃO

O Efeito estufa é um processo natural ocasionado pela ação de alguns gases presente na atmosfera, tais como o metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e vapor d'água, os quais retêm parte da energia infravermelha que é refletida pela superfície terrestre e a redistribui em calor. Entretanto, as altas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera promovem a elevação de temperatura, resultando no aquecimento global, ou seja, em um fenômeno de grande extensão capaz de alterar os padrões climáticos do planeta (IPCC, 2007).

Portanto, apesar das inúmeras controvérsias no meio científico a respeito da contribuição humana sobre o aquecimento global, vale destacar que desde a formação da Terra vários processos naturais, entre eles a variação na atividade solar, tectonismo de placas e alterações na composição físico-química da atmosfera, modificaram o clima do planeta (Silva e Paula, 2015). No entanto, nos últimos séculos a emissão de GEE para atmosfera em decorrência dos processos naturais, foram relativamente pequenas comparando com as emissões de GEE proveniente da ação antrópica, principalmente após a revolução industrial (Ammann *et al.*, 2007).

Segundo o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aquecimento global resultará na intensificação de diversos problemas já existentes, tais como, o derretimento das calotas polares, aumento do nível do mar, avanços dos desertos, extinção de espécies, mudanças no ciclo hidrológico e impactos (positivos ou negativos) na produtividade das culturas agrícolas (IPCC,2007).

Para as regiões áridas e semiáridas os impactos negativos (ex.: redução na produtividade, qualidade dos alimentos, alteração do ciclo produtivo de algumas culturas etc.) sobre o setor agrícola serão mais intensos, devido a chuvas irregulares, deficiência hídrica e baixo desenvolvimento econômico dessas regiões (IPCC,2007).

Em nível nacional, o semiárido nordestino brasileiro corresponde com uma das regiões que mais sofrerá diante das mudanças climáticas em função da sua fragilidade ambiental. Nesse cenário, são esperadas maiores reduções na produtividade dos sistemas agrícolas cultivados pela agricultura familiar, que geralmente não dispõem de tecnologias suficientes voltadas à adaptação dos efeitos do aquecimento global sobre a agricultura (PBMC, 2014).

No Brasil, os setores da Agropecuária e Mudança do Uso da Terra e Florestas (remoção das florestas sem ocorrer o revolvimento do solo) correspondem com mais de 50% das emissões de CO₂ para atmosfera (MCTIC, 2017). Bernoux et al.(2005) verificaram que as perdas anuais decorrentes de mudanças no uso da terra foram em torno de 52 milhões de toneladas de CO₂ entre os anos de 1975 a 1995, atribuindo os solos como fonte ou dreno de gases de efeito estufa (GEE) a depender do tipo de manejo a que forem submetidos.

De acordo com Silva e Machado (2000), a adoção de práticas conservacionistas em ecossistemas agrícolas é fundamental para mitigar a emissão de GEE na atmosfera, especialmente para regiões tropicais, onde o clima quente e úmido favorece a aceleração da decomposição da matéria orgânica (MOS) e por conseguinte a liberação de GEE para atmosfera.

Desta forma, visando minimizar as emissões de gases de efeito estufa para atmosfera (GEE), em 2009 foi assumido pelo Brasil na 15^a Conferência das Partes (COP15), a elaboração de um plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Dentre essas estratégias foram abordadas, a Recuperação de Pastagens Degradadas; Sistemas Agroflorestais (SAFs); Plantio de florestas; Sistema Plantio Direto (SPD) e Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), entre outros (MMA, 2012).

O sistema de manejo sob plantio direto apesar de ser uma prática pouco difundida, apresenta alto potencial em mitigar as emissões de GEE na atmosfera. Portanto, a implementação desse sistema conservacionista aliado a integração de leguminosas, contribuiu também para o aumento da produtividade das culturas implantadas (Amado *et al.*, 2001). Sendo a modelagem ambiental uma das formas para verificar os possíveis efeitos da agricultura sobre a dinâmica do carbono e nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera.

Segundo Vilela e Mendonça (2013) a utilização de modelos matemáticos constitui em uma ferramenta imprescindível para compreensão e elaboração de estratégias ambientalmente mais sustentáveis. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade do modelo Century em simular os efeitos do cultivo de milho e feijão em sucessão utilizando dois sistemas de manejo agrícolas (Convencional e Plantio Direto) sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso da terra e efeitos nos estoques de C do solo

De acordo com um monitoramento realizado entre 2008 a 2009, cerca de 46 % da vegetação nativa da Caatinga foi devastada (MMA, 2019). Beuchle et al. (2015), observou que desde 1990 até 2010 a taxa de supressão da vegetação da Caatinga em comparação com o Cerrado foi mais acentuada, representando um acréscimo de 0,44% ao final do período avaliado. Em alguns estados, o desmatamento corresponde a mais de 50% da vegetação original (Coelho *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2015). Contudo, o uso do solo destinado a inserção de pastagens e atividades agrícolas são umas das principais práticas envolvidas no desmatamento da Caatinga, como foi demonstrado após uma análise da cobertura vegetal do semiárido nordestino brasileiro (Vieira *et al.*, 2013).

A conversão da vegetação nativa para sistemas agrícolas além de ocasionar alterações nos atributos físicos e biológicos do solo, promove a redução dos estoques de carbono (C) nesse compartimento, uma vez que o aporte de resíduos vegetais para a superfície é reduzido (Calonego *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2014; Fracetto *et al.*, 2012). Em um estudo desenvolvido no município de Lapão BA, foi observado que após a conversão da Caatinga para a implantação de sistemas agrícolas, houve um decréscimo progressivo nos estoques de C do solo, ocasionando a emissão de 725.000 Mg de carbono para atmosfera (Paiva, 2015).

Segundo Vezzani e Mielniczuk (2011), o uso agrícola com revolvimento intenso do solo e baixa adição de resíduos contribui para a quebra dos agregados, um componente importante para estabilização do solo e da matéria orgânica. Zinn, Lal e Resck, (2005), verificou que as maiores taxas de decomposição da matéria orgânica em áreas de cultivo devem-se ao revolvimento do solo ocasionar a perturbação ou quebra dos agregados, expondo a matéria orgânica protegida aos processos microbianos e assim contribuindo para a liberação de CO₂ para atmosfera.

Para os sistemas agrícolas em monoculturas, o processo de revolvimento pode agravar mais ainda a redução dos estoques de C do solo, devido a retirada excessiva dos nutrientes associada a baixa qualidade e reposição de resíduos vegetais para a superfície (Campos, 2006). Conforme verificado por Secretti (2017), os sistemas agrícolas em monoculturas, especialmente os de baixa razão C/N, ou seja, de fácil decomposição, são rapidamente decompostas pelos microrganismos e contribui para maior emissão de CO₂

e menor aporte de C para o solo. Em contrapartida, os sistemas agrícolas mais diversificados tendem conter maior acúmulo de C no solo, dado essa diversidade de resíduos vegetais apresentar diferentes tempo de reciclagem, permitindo que ocorra uma decomposição gradual e assim promovendo maior incremento de C através da interação dos argilominerais com a matéria orgânica presente no solo.

A utilização de queimadas, baixo aporte de resíduos vegetais e o uso contínuo do solo, são características marcantes da agricultura tradicional do semiárido nordestino brasileiro. No entanto esse tipo de manejo conduz para a redução do estoque de C do solo, pois além de afetar a microbiota, principal agente envolvido na reciclagem da matéria orgânica, compromete o fluxo de resíduos vegetais para a superfície e conseqüentemente para menor incremento de C neste compartimento (Fraga e Salcedo, 2004; Nunes *et al.*, 2009; Sacramento *et al.*, 2013).

2.2. Agricultura familiar na Caatinga

De acordo com a legislação brasileira, lei n° 11.326, a agricultura familiar constitui todo estabelecimento com área inferior a quatro módulos fiscais dirigido pelo próprio produtor rural ou integrantes da família, sendo predominantemente utilizada a mão-de-obra familiar nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento (Presidência da República e Casa Civil, 2006).

No Brasil, cerca de 84,4% de todos os estabelecimentos agropecuários estão representados pela agricultura familiar, enquanto para os estabelecimentos não familiares este percentual corresponde com apenas 15,6 %. Apesar da agricultura familiar conter um maior percentual de estabelecimentos agropecuários (85%), esta constitui com apenas 24,3 % da área agricultável, no entanto, para os estabelecimentos não familiares esse valor ultrapassa mais de 50% da área (75,7%) (IBGE, 2006).

Portanto, mesmo apresentando uma menor área agricultável, a agricultura familiar é fundamental para a segurança alimentar do Brasil, devido contribuir com mais de 70% no fornecimento de alimentos para o mercado interno do país (IBGE, 2006).

O Nordeste em comparação com as demais regiões brasileiras, destaca-se pelo alto percentual de estabelecimentos agropecuários (49,7%). Entretanto, constitui uma das regiões com menor participação no produto interno bruto (PIB) do Brasil (IBGE, 2006). Uma das implicações associada ao baixo desenvolvimento econômico da agricultura familiar nessa região, é o fato de grande parte do seu território está inserida sobre um clima

semiárido, cuja má distribuição de chuvas, predominância de solos rasos e altas temperaturas, conduz para sistemas agrícolas menos produtivos (Kauling, 2018).

Além da problemática ambiental, a dificuldade na obtenção de crédito rural, a falta de tecnologias adequadas, o alto custo no transporte das mercadorias e de assistência técnica, são algumas das dificuldades impostas para o desenvolvimento socioeconômico da região (Castro, 2012), implicando no êxodo rural e como consequência no crescimento desordenados das grandes cidades (Lima *et al.*, 2015).

No entanto, apesar de todos esses fatores contribuir para uma menor produtividade de culturas agrícolas como o milho e feijão, essas são consideradas duas importantes fontes de renda e subsistência para os agricultores familiares do semiárido nordestino brasileiro (Coêlho, 2017; IBGE, 2006).

Segundo um estudo realizado por Campos, Silva e Silva (2010), um possível aumento de temperatura do ar de 3 a 6 °C como previsto pelo IPPC, irá promover sistemas agrícolas cada vez menos produtivos, como foi observado para o feijão em um experimento realizado no semiárido da Paraíba PB. Assim, como foi observado para a cultura do milho no Centro Oeste do Brasil (Minuzzi e Lopes, 2015).

Diante da fragilidade ambiental e baixo desenvolvimento econômico, muitos estudos ressaltam a importância da implementação de políticas públicas que visem minimizar ou mitigar os efeitos decorrentes da intensificação do aquecimento global sobre o semiárido nordestino (Angelotti, Júnior e Sá, 2011; Marengo, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Levantamento de dados para calibração do modelo Century

Os dados necessários para calibração do modelo Century, foram retirados a partir da literatura, utilizando-se as seguintes bases de dados: Google Acadêmico e Scielo. Palavras-chaves como carbono, biomassa, solo, estoques e Caatinga foram utilizadas para encontrar artigos científicos relacionados com o trabalho. A escolha dos artigos a serem utilizados na calibração foi feita baseando-se na possibilidade de se obter as seguintes informações necessárias para a calibração do modelo: textura (proporções de argila, areia, silte), pH, densidade e estoque de carbono do solo, em áreas sob Caatinga preservada ou em estágio sucessional avançado. As informações climatológicas mensais sobre

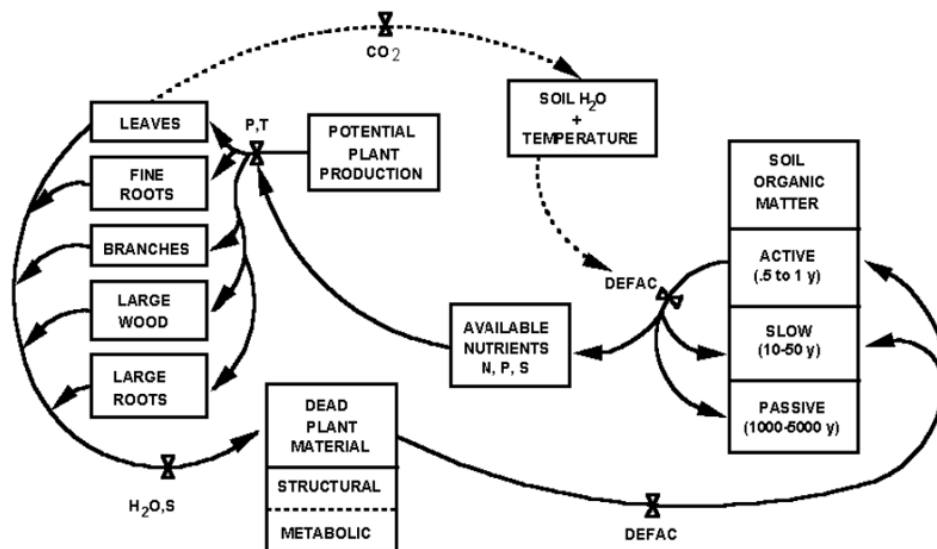
precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, dos sítios, foram obtidas na plataforma Climate Date (<https://pt.climate-data.org>). Após a compilação dos dados, as características referentes a cada local foram transferidas para os arquivos de caracterização das localidades (SITE.100) do modelo Century.

3.2 Descrição do modelo

O modelo Century é uma ferramenta matemática capaz de simular os processos biogeoquímicos no sistema solo-planta em curto e a longo prazo, sob diversos sistemas de manejos e ecossistemas (Metherell *et al.*, 2017). Inicialmente foi desenvolvido para simular a dinâmica do carbono e nutrientes do solo em pastagens naturais de ambientes temperados (Parton *et al.*, 1993). Portanto, após a realizações de alguns ajustes passou a ser utilizado para regiões tropicais (Bortolon *et al.*, 2009; Leite *et al.*, 2003).

O Century é constituído pelo agrupamento de três submodelos (figura 1): o submodelo da produção vegetal, submodelo da água e o submodelo da dinâmica da matéria orgânica (MO). A maioria das variáveis ambientais, tais como temperatura, umidade do solo, qualidade dos resíduos vegetais e absorção de nutrientes pelas plantas, são calculadas pelos submodelos da produção vegetal e da água, sendo estes requeridos para o entendimento da matéria orgânica. O submodelo da dinâmica da matéria orgânica está subdividido em três compartimentos (ativo, lento e passivo), onde são classificados de acordo com a sua taxa de decomposição e permanência no solo (Parton *et al.*, 2001). O compartimento ativo, refere-se a matéria orgânica mais lábil, ou seja, apresenta fácil decomposição variando de 1 a 5 anos para ser reciclada, enquanto para o compartimento lento seu tempo de reciclagem varia de 20 a 40 anos. Para o compartimento passivo, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta devido apresentar um material bastante recalcitrante (difícil decomposição), cujo tempo de reciclagem varia de 200 a 500 anos (Leite e Mendonça, 2003).

Figura 1. Diagrama do fluxo global do modelo Century.

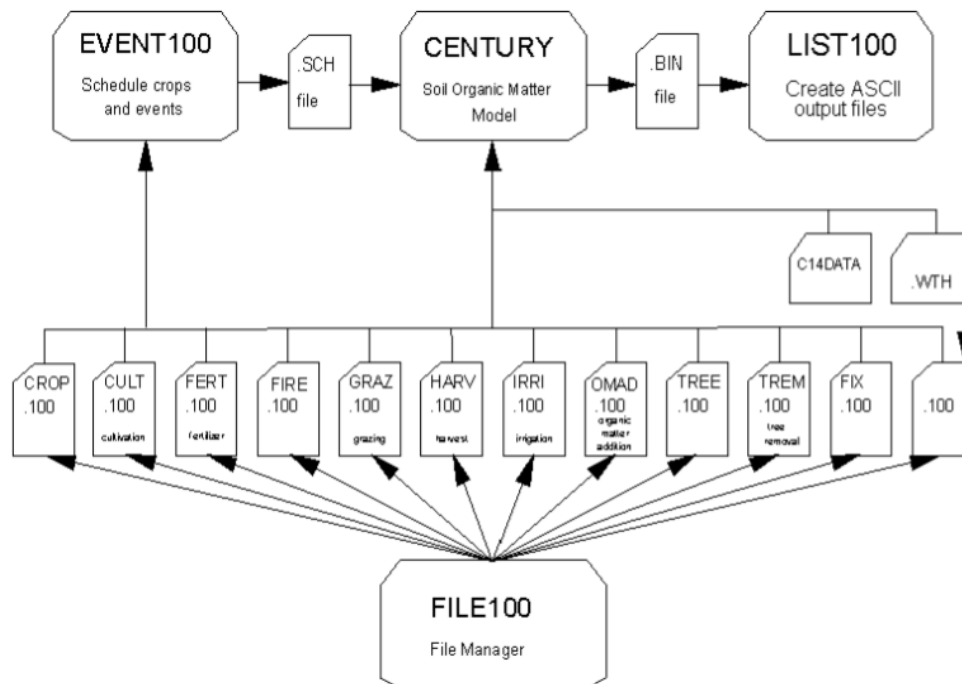


Fonte: Parton et al. (2001).

Três programas utilitários (FILE100, EVENT100 e LIST100) fazem parte do modelo (figura 2). Toda informação necessária para criação ou atualização dos 12 arquivos (CROP.100, CULT.100, FIRE.100, FERT.100, GRAZ.100, HARV.100, IRR.100, OMAD.100, TREE.100, TREM.100, FIX.100 e SITE.100), estão presentes no programa FILE.100. As informações necessárias para caracterizar a área de estudo, como tipo de solo, clima, localização geográfica, entre outras, são inseridas no arquivo local (SITE).

A elaboração do arquivo de agendamento (SCH), ou seja, quais eventos serão efetuados durante a simulação é executado pelo programa EVENT100. Nesse arquivo (SCH) pode ser criado diferentes cenários de manejo com base nas informações listadas nos 12 arquivos do programa FILE100. E por fim, os resultados dessas simulações são extraídos a partir do programa LIST100, onde as variáveis de saída são processadas e posteriormente alteradas para uma listagem ASCII (Parton et al., 2001).

Figura 2. Ambiente do modelo Century mostrando a relação entre os programas e os arquivos acessórios.



Fonte: Parton et al. (2001).

3.2 Estabilização dos estoques de C nos compartimentos do ecossistema

O modelo foi executado por um período de 10.000 anos para simular os estoques de C do solo sob condições de Caatinga nativa e desta forma obter a estabilização do carbono no compartimento (estoque constante ao longo do tempo). O resultado deste equilíbrio é considerado como valor inicial do estoque de carbono no histórico de uso da terra (valor presente na vegetação nativa, ou seja, antes da instalação do uso da terra, e por isto considerado como referência). Alguns estudos utilizaram um período de tempo para a simulação do equilíbrio inferior ao utilizado neste trabalho, e.g., Bortolon et al., 2009; Lopes *et al.*, 2008; Wendling *et al.*, 2014), os quais fizeram a simulação por 6.000 anos, no entanto, desde que a estabilização seja atingida, o tempo utilizado para o equilíbrio não é um fator que influencia na simulação de uso da terra.

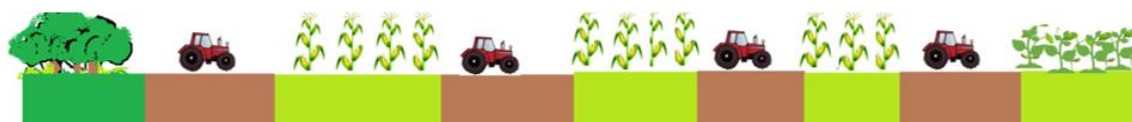
3.3 Calibração e validação do modelo Century

Calibração da vegetação nativa: A calibração é uma etapa que visa melhorar a concordância entre os valores simulados e observados em campo através da realização de ajustes nos parâmetros de entrada (SITE.100) do modelo Century. Dentre os submodelos calibrados pelos desenvolvedores do modelo Century para representar as condições edafoclimáticas da vegetação nativa de diversos ecossistemas do mundo, os submodelos para regiões áridas (ARIDSL) e Savanas Temperadas (TSAVAN) são os únicos que simulam a interação entre os estratos herbáceo e arbóreo (Metherell *et al.*, 2017).

Validação da vegetação nativa: para verificar a capacidade do modelo em simular os estoques de C do solo foram utilizados os dados coletados em Canindé de São Francisco (Gouveia, Pinto e Loureiro, 2018), ou seja, foi utilizado um sítio cujos dados são independentes em relação aos utilizados na calibração. Após a simulação, o estoque de C do solo simulado foi comparado ao valor observado no campo.

Simulação de uso da terra: O cenário de uso da terra também para Canindé de São Francisco-SE foi construído a partir de dados secundários. Foi simulado um desmatamento, seguido de instalação de um sistema de cultivo de milho (3 culturas) sucedido pelo cultivo de feijão (figura 3). O preparo do solo envolveu o uso de subsolagem, aplicação de fertilizante e nivelamento com irrigação do tipo pivô central. Este histórico segue a descrição feita por Oliveira *et al.* (2015), cujos autores estudaram os efeitos do cultivo em sucessão de milho e feijão nos estoques de C do solo em Sobral-CE. No âmbito do presente trabalho não foram calibrados os arquivos referentes às características de milho e feijão. Para isto, optou-se utilizar os parâmetros calibrados por Wendling *et al.* (2014) no Cerrado. Portanto, foram realizados alguns ajustes relacionados ao clima para melhor representação do milho e feijão na Caatinga.

Figura 3. Esquema do manejo utilizado para avaliar o efeito do uso terra sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE.



Para avaliar a capacidade do modelo em simular este sistema de cultivo em Canindé de São Francisco seria importante que tivéssemos acesso a dados de campo com o mesmo manejo, entretanto, isto não foi possível. Portanto, para estimar qual seria o impacto do cultivo de milho e feijão em sucessão nos estoques de C de solos da região, utilizamos a variação entre os estoques de C de solos sob vegetação nativa e sob uso da terra encontrada por Oliveira et al. (2015). Neste trabalho foi observado um acréscimo de 12% em decorrência do manejo ao final do período avaliado (20 anos), e este percentual de aumento nos estoques de C do solo foi aplicado em Canindé de São Francisco SE.

3.2. Análises Estatísticas

Para avaliar a relação entre os valores de estoque de carbono do solo observados e simulados foram utilizadas duas abordagens: análises da associação e da coincidência entre os estoques de C do solo observados e simulados pelo Century. Para avaliação de associação foi utilizada a regressão linear através da análise do coeficiente de determinação (r^2). Quanto mais próximo o coeficiente de determinação estiver de 1, maior será a associação entre os valores simulados com os observados, porém, valores abaixo de 0,5 indicam uma fraca relação (Smith *et al.*, 1997). Também foi utilizado o Coeficiente de Eficiência (COE), o qual também apresenta uma escala que varia entre 0 a 1. Valores acima de 0,75 indicam um bom desempenho do modelo, enquanto valores entre 0,36 e 0,75 indicam que o desempenho é aceitável. Entretanto, valores inferiores a 0,36 indicam que o modelo é inaceitável para fazer simulações, sendo necessário ajustes antes de ser utilizado (Silva *et al.*, 2008).

Para avaliar o nível de explicação entre os valores observados e simulados foi realizado o cálculo do erro médio (M) (Smith et al., 1997). Para cada sítio foram calculadas as diferenças entre os estoques de C do solo observados e simulados de forma a se contabilizar quantas diferenças estavam dentro de uma amplitude entre -25% a 25%, conforme sugerido por Parton et al. (1993). O ideal é que a maior quantidade de sítios estudados possível esteja dentro desta amplitude. Estas margens de erro foram consideradas aceitáveis para avaliar a performance do modelo em estimar os estoques de C de solos sob Caatinga pois esse bioma apresenta uma grande variabilidade de tipos de solos, além de diferentes tipos vegetacionais e climáticos, fatores determinantes para a dinâmica do carbono.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Calibração do modelo Century

Foram utilizados 5 sítios para a calibração do modelo Century na Caatinga, cujos artigos continham as informações necessárias para parametrização do modelo. Os sítios analisados possuem ampla distribuição geográfica no bioma e estão situados nos respectivos estados, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia (Figura 1).

Em maioria, os sítios apresentaram solos com textura arenosa (porcentagem de areia variando entre 30 e 72%), alta densidade (entre 1,4 e 1,6 g dm⁻³) e estoque de C do solo entre 16 e 69 Mg C ha⁻¹ (Tabela 1), com média de 28,7 Mg C ha⁻¹. Fraga e Salcedo (2004) encontraram em Caatinga hiperxerófila, para a camada de 0-15 cm do solo um estoque de 28,6 Mg ha⁻¹. Giongo et al. (2011), ao analisar as principais classes de solo na região semiárida brasileira em áreas de vegetação de Caatinga hiper e hipoxerófila, observaram que o estoque de C médio no horizonte superficial foi de 22,2 Mg C ha⁻¹. Resultado semelhante foi encontrado por Aquino et al. (2017), que encontrou um estoque de 24,6 Mg C ha⁻¹ em uma área de Caatinga com mais de 35 anos de regeneração. Kauffman et al. (1993), observaram em um argissolo de Serra Talhada PE um estoque 26,2 Mg C ha⁻¹ para a camada de 0 a 20 cm do solo. Portanto, a média de estoque de C do solo nos sítios utilizados para calibração está próximo a valores encontrados na literatura.

Em Irecê-BA, o estoque de C do solo foi bem maior em relação aos demais sítios (69 Mg C ha⁻¹) (Tabela 1). Este fato foi observado devido ao maior teor de argila (55%) por se tratar de um Latossolo, o qual confere ao mesmo maior capacidade de retenção da matéria orgânica pela elevada superfície específica da argila (Silva e Mendonça, 2007).

Figura 4. Distribuição dos sítios utilizados para calibração do modelo Century.

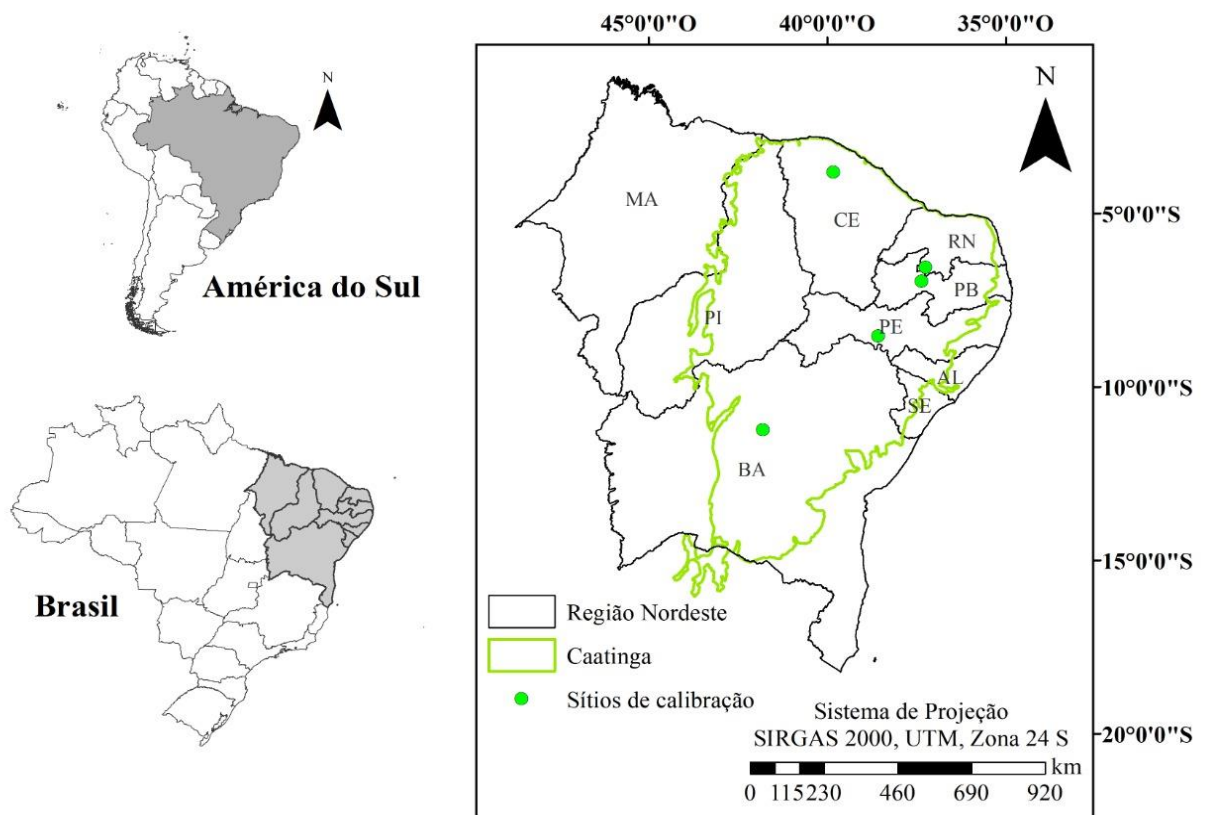


Tabela 1. Caracterização dos sítios utilizados para a calibração do modelo Century.

Estado	Município	Tipo de solo	Argila (%)	Areia (%)	Silte (%)	Densidade (g dm ⁻³)	Estoque de C do solo (Mg C ha ⁻¹)
BA	Irecê	L. Vermelh Eutrófico	54,67	31,00	14,33	1,04	69,16
PB	Santa Teresinha	Neossolo Litólico	22,90	64,80	12,30	1,37	31,84
RN	Serra Negra do Norte	Neossolo Litólico	19,20	67,30	13,50	1,41	30,03
CE	Irauçuba	Planossolo Nátrico	9,30	71,40	19,30	1,46	16,64
PE	Floresta	Luvissolo Crômico	38,3	49,65	12,05	1,67	36,23

Referências: Irecê-BA (Fracetto *et al.*, 2012); Santa Teresinha-PB (Althoff *et al.*, 2018); Serra Negra do Norte-RN (Althoff *et al.*, 2018); Irauçuba-CE (Almeida *et al.*, 2017) e Floresta-PE (Martins *et al.*, 2010).

Os estoques de C do solo em outros biomas brasileiros costumam ultrapassar os valores observados na Caatinga. No Cerrado, por exemplo, estudos demonstraram que o estoque de C na camada de 0 a 20 cm do solo sob vegetação nativa corresponde com aproximadamente 40 Mg C ha⁻¹ (Andréa, d' *et al.*, 2004; Neves *et al.*, 2004; Rosendo e Rosa, 2012). Em uma área de Mata Atlântica sob o mesmo perfil do solo avaliado (0 a 20 cm) foi observado um estoque de 64 Mg C ha⁻¹ (Leite *et al.*, 2003), enquanto na Amazônia foi observado um acúmulo de 160 Mg C ha⁻¹ na profundidade de 25 cm do solo (Marques *et al.*, 2016).

As condições abióticas características de cada local, como precipitação, são fatores importantes que contribuem para a variação nos estoques de C do solo em diferentes biomas brasileiros, uma vez que estes fatores influenciam na produção primária

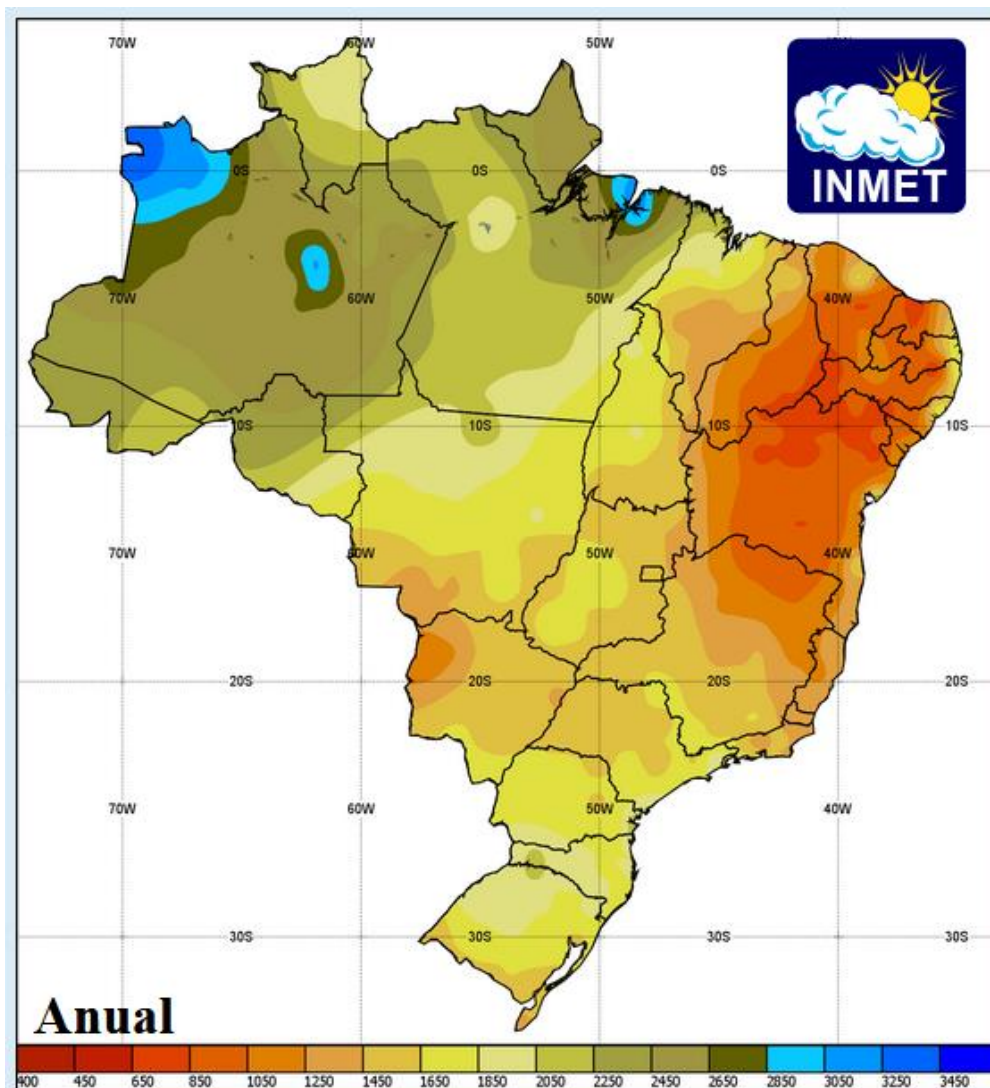
líquida. Este processo ocorre mais intensivamente em regiões com altos índices pluviométricos (Del Grosso *et al.*, 2008).

Os dados climatológicos dos sítios analisados na Caatinga apresentaram pouca variação. A média das temperaturas mínimas dentre os 5 sítios ficou em torno de 20°C, enquanto a média da temperatura máxima ficou em 30°C. A precipitação anual varia entre 554mm e 838mm (Tabela 2). Percebe-se então a menor precipitação anual acumulada na região da Caatinga, sendo este um dos motivos para a região apresentar os menores estoque de C em solos sob vegetação nativa quando comparado com outros biomas (Figura 2).

Tabela 2. Valores climatológicos dos sítios para a calibração do modelo Century.

Estado	Município	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Precipitação anual (mm)
BA	Irecê	17,3	29,3	583
PB	Santa Teresinha	20,6	30,5	554
RN	Serra Negra do Norte	20,5	29,7	838
CE	Irauçuba	21,7	31,1	731
PE	Floresta	21,2	31,6	629

Figura 5. Distribuição da precipitação anual no período entre 1981 e 2010 (INMET, 2019).

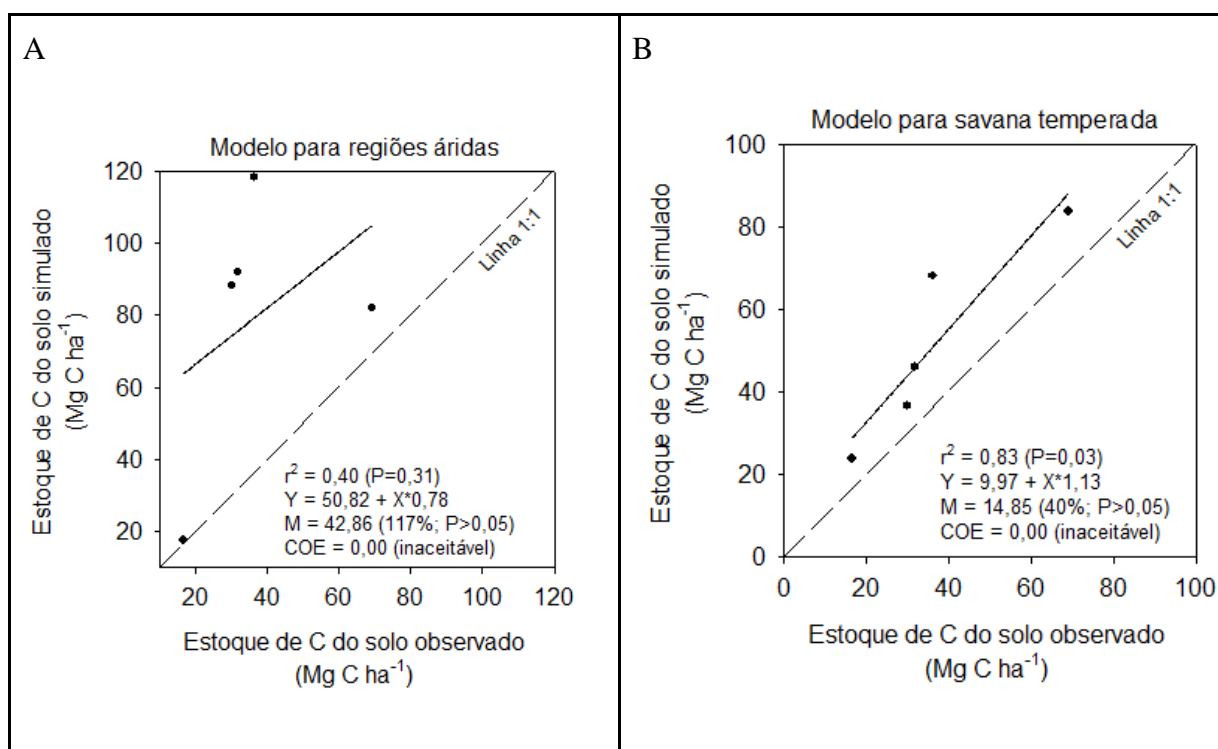


Após a parametrização do modelo Century com os dados referentes às características edafoclimáticas dos 5 sítios, foram testados dois conjuntos de parâmetros previamente ajustados pelos desenvolvedores do Century: um para regiões áridas (ARIDSL) e outros para savanas temperadas (TSAVAN).

Os parâmetros para regiões áridas superestimaram o estoque de carbono no solo, apresentando um erro médio de 42 Mg C ha⁻¹, o que corresponde a um erro de 117% na simulação (Figura 3A). Além disso, o coeficiente de determinação ($r^2=0,40$) foi baixo e não significativo ($p=0,31$). Por outro lado, utilizando os parâmetros para savana temperada, foi observado que a relação entre os valores simulados e observados apresentou alto coeficiente de determinação ($r^2= 0,83$, $P<0,05$) enquanto o valor do erro médio foi de 15 Mg C ha⁻¹, correspondendo a 40% de erro na simulação (Figura 3B).

O coeficiente de eficiência (COE) calculado utilizando-se os parâmetros ARIDSL e TSAVAN foi de 0 (zero) para os ambos os ajustes, ou seja, não foi atingido valor acima de 0,30 para ser considerado como aceitável e devido a isso novos ajustes serão realizados para obter melhor desempenho do modelo. Portanto, em decorrência de um menor erro médio e maior valor no coeficiente de determinação, os parâmetros do TSAVAN foram utilizados para dar continuidade aos ajustes para caracterização da Caatinga.

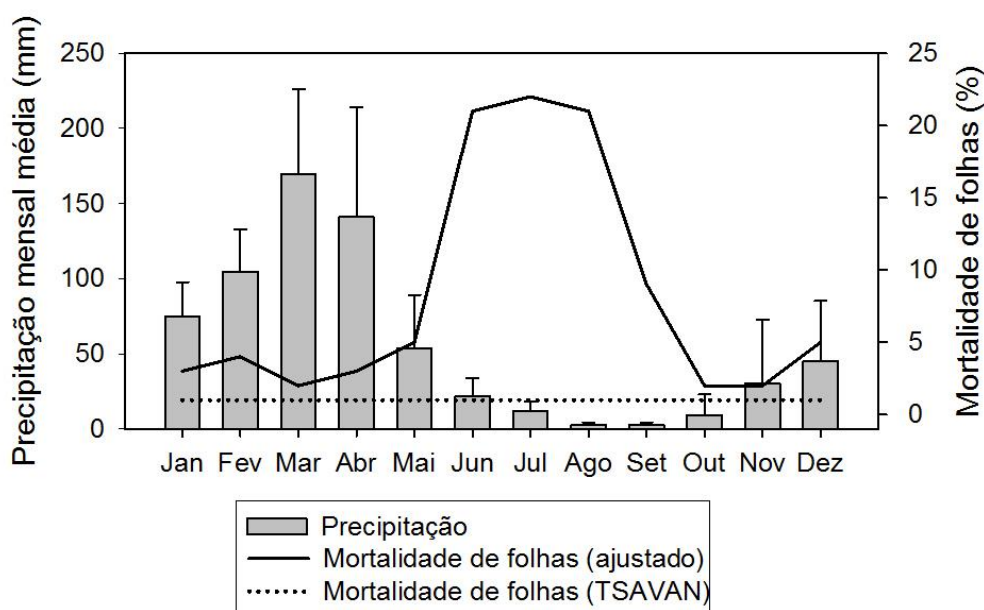
Figura 6. Relação entre valores observados de estoque de C dos solos e simulados pelo modelo Century em diferentes sítios de Caatinga nativa. Para a simulação foram utilizados parâmetros calibrados para A) regiões áridas (ARIDSL) e B) savanas temperadas (TSAVAN).



Parâmetros relacionados à mortalidade das folhas (LEAFDR) presentes no arquivo com as características do estrato arbóreo (TREE.100) foram alterados. Este procedimento foi necessário, pois os parâmetros originais apresentavam mortalidade uniforme ao longo do ano (1% ao mês), enquanto a deciduidade na Caatinga ocorre em intensidades diferentes conforme a sazonalidade hídrica (Santana e Souto, 2011) (Figura 4).

Os demais ajustes no modelo relacionados a distribuição de carbono na planta, fixação biológica de nitrogênio, potencial de produtividade do estrato herbáceo e profundidade do solo para utilização de água pelo sistema radicular encontram-se no Apêndice 1.

Figura 7. Média da precipitação mensal dos sítios de Caatinga utilizados para calibração do modelo Century e valores de mortalidade mensal de folhas na parametrização do estrato arbóreo para savanas temperadas (TSAVAN) e ajustado para a Caatinga.

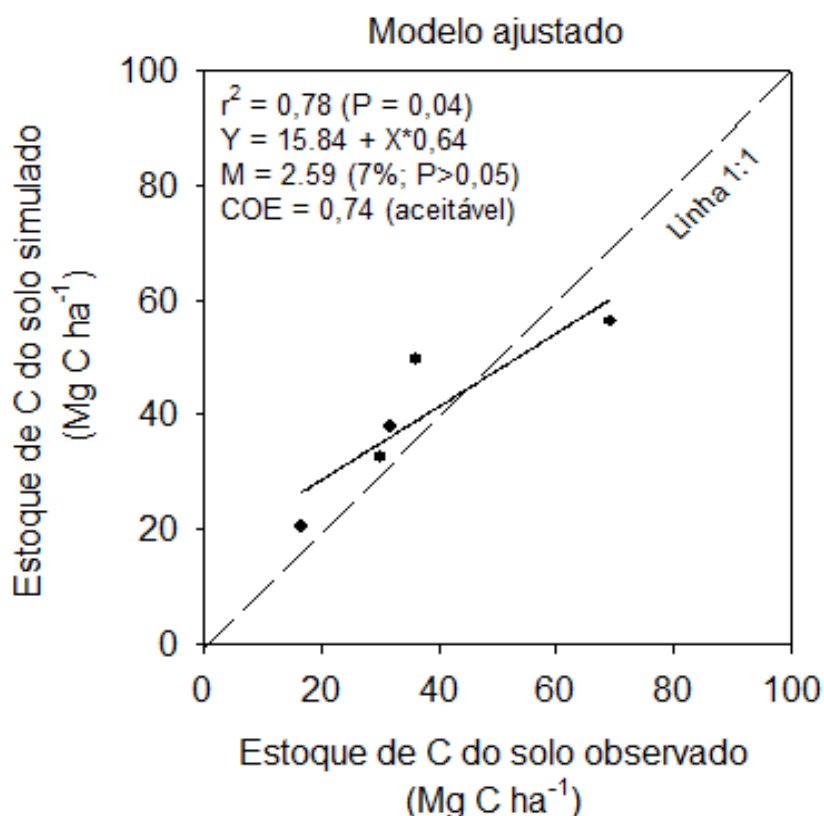


Diante dos ajustes realizados nos parâmetros previamente calibrados para savanas temperadas (Apêndice 1), o erro entre os estoques de C simulados e observados nos diferentes 5 sítios da Caatinga nativa foi reduzido para 7%. O coeficiente de determinação ficou maior e significativo ($r^2=78$; $p=0,04$) e a performance do modelo passou a ser considerada aceitável ($COE=0,74$) (Figura 5).

Em estudo realizado por Althoff et al. (2018) foi observado um erro médio do modelo Century de apenas 4,7 % na simulação dos estoques de C do solo na Caatinga. Porém, o fato destes autores terem encontrado menor erro na simulação está relacionado com sua menor abrangência espacial, pois os sítios de estudo utilizados para calibração (Santa Terezinha, PB) e validação (Serra Negra do Norte, RN) do modelo eram distantes por volta de 80 km entre si. Portanto, é importante salientar que a abrangência espacial

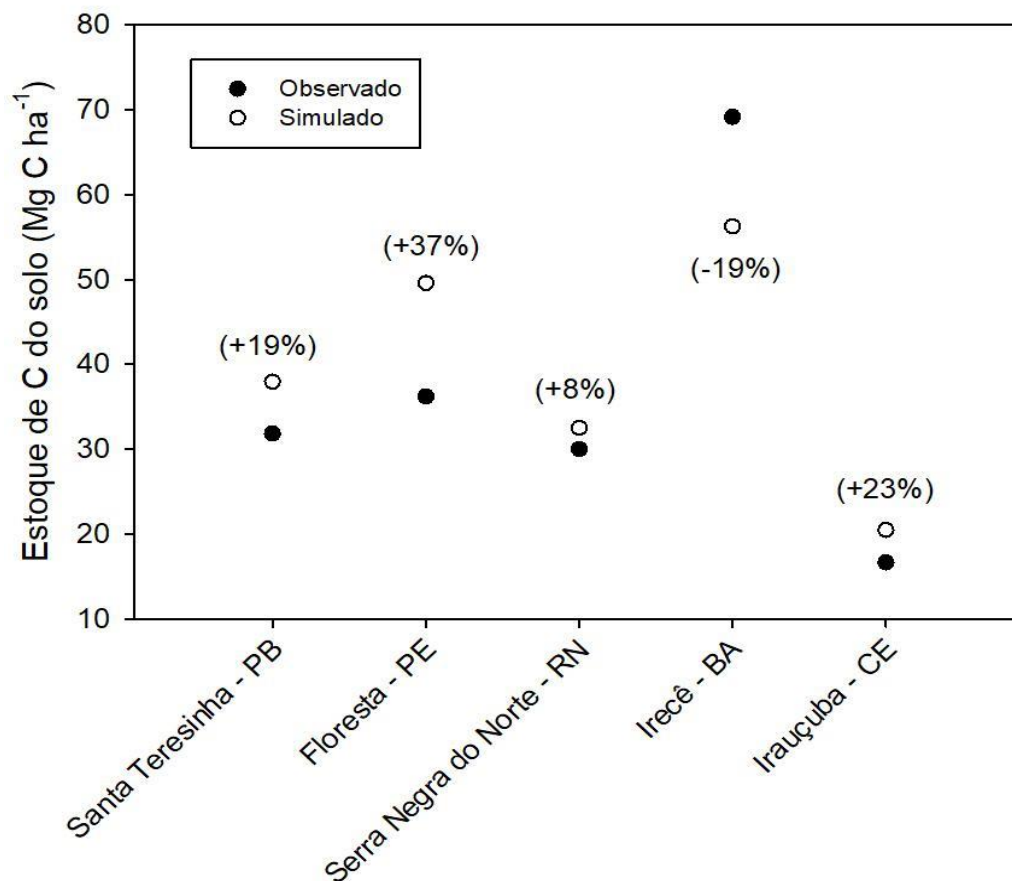
do presente trabalho foi muito maior, o que ocasiona redução na acurácia por representar maior variabilidade nos fatores ambientais (Tabelas 1 e 2).

Figura 8. Simulação dos estoques de carbono em diferentes sítios de Caatinga nativa após o ajustamento do modelo Century.



Ao avaliar o erro entre o estoque de C do solo simulado e observado em cada sítio, verificou-se que quatro dos cinco sítios estudados apresentaram erro dentro do limite de -25% a 25%, ou seja, a representação do estoque de C foi considerada aceitável. O maior erro do modelo para estimar o estoque de C do solo foi observado em Floresta PE (37%) (Figura 6). Apesar de Irecê, BA ser o sítio com maior proporção de argila (54,47%) e Floresta PE o segundo (38,3%), parece que a maior precipitação encontrado no segundo sítio (629 mm) em comparação com Irecê, BA (582 mm) favoreceu a superestimação no estoque de C simulado, uma vez que, a dinâmica da matéria orgânica pelo modelo depende de outros fatores ambientais, como a disponibilidade de água para o (Leite e Mendonça, 2003).

Figura 9. Diferença entre valores simulados e observados para estoque de C da vegetação nativa de Caatinga com o modelo Century (erros por sítios).



O modelo simulou adequadamente os estoques de C nos diferentes compartimentos vegetais (biomassa aérea e grãos) de milho e feijão, com a maioria dos erros abaixo de 25% (Tabela 3). Entretanto, houve subestimação no estoque de C para o compartimento de grãos no feijão, com um erro de -55%. Diante disso é necessário a realização de mais ajustes para melhor representação dos estoques de C acima do solo.

Tabela 3. Comparação de estoque de carbono na biomassa aérea e grãos de milho e feijão obtidas através de levantamento bibliográfico (observado) com valores calculados através do modelo Century (simulado) para Canindé de São Francisco SE.

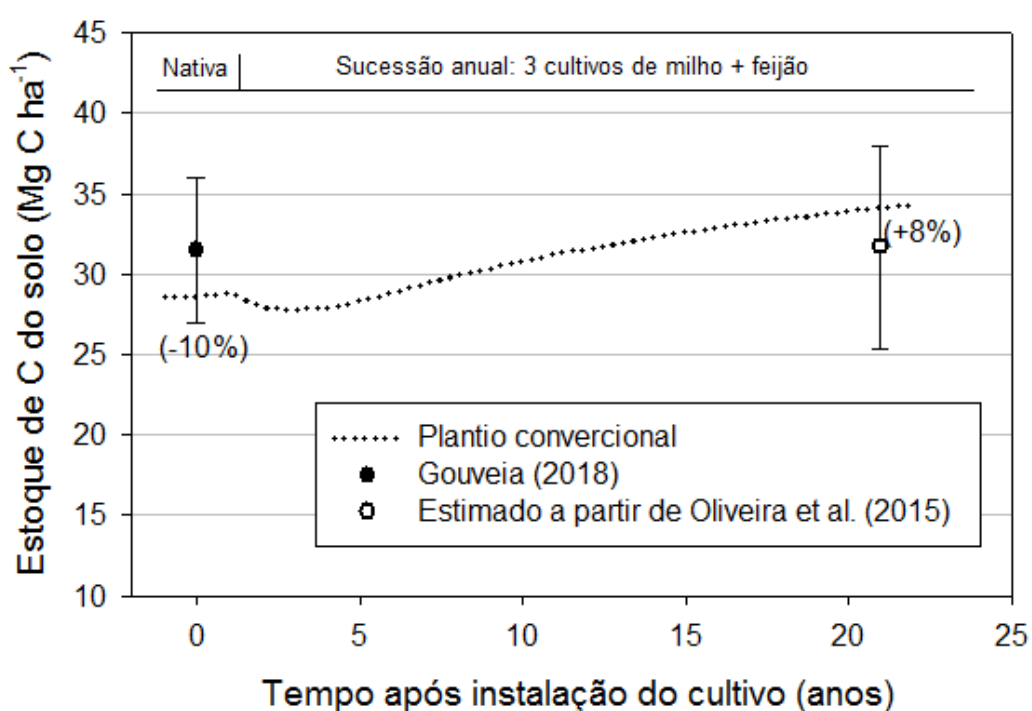
	Biomassa aérea (Mg C ha ⁻¹)	Grão (Mg C ha ⁻¹)
<i>Milho</i>		
Simulado	1,54	1,77
Observado	1,82 ^(1,2)	1,43 ^(3,4,5,6,7)
Erro	-15%	23%
<i>Feijão</i>		
Simulado	0,12	0,2
Observado	0,10 ⁽¹⁾	0,44 ^(8,9,10,11,12,13,14,15)
Erro	20%	-55%

Referências: 1) Martins et al. (2013); 2) Marin, Menezes e Salcedo (2007); 3) Brito et al. (2012); 4) Carvalho e Leal, (1991); 5) Primo e Menezes (2011); 6) Costa Primo et al. (2012); 7) Alcantara et al. (2014); 8) Almeida et al.(2010); 9) Costa et al. (2011); 10) Gualter et al. (2008); 11) Nascimento et al. (2011); 12) Zumba (2016); 13) Santos et al. (2009); 14) Silva e Neves (2011); 15) Zumba (2016).

Após todas as etapas envolvendo o processo da calibração, foi realizada a validação do modelo através da simulação do uso da terra para o município de Canindé de São Francisco, SE. O modelo Century apresentou desempenho adequado na simulação do estoque de C do solo em Caatinga nativa de Canindé de São Francisco, visto que o erro entre o estoque de C simulado e observado foi de -10% (Figura 7). Este erro pode ser considerado baixo, uma vez que o modelo está representando um sistema com alta variabilidade em seus fatores ambientais (e.g., solos, vegetação e clima) os quais exercem

influência sobre a dinâmica da matéria orgânica (Pillon, Mielniczuk e Neto, 2002). Para o cultivo consecutivo de milho e feijão sob plantio convencional, o modelo também conseguiu simular o estoque de C do solo apresentando um erro de 8%, mostrando-se eficiente para a simulação de uso da terra na Caatinga.

Figura 10. Simulação do efeito do cultivo de milho e feijão em manejo convencional sobre os estoques de C do solo em Canindé de São Francisco SE. Os valores entre parênteses representam o erro do modelo (comparação entre valores simulados e observados).



Ao avaliar a dinâmica dos estoques de C do solo simulados ao longo do tempo, foi possível observar que após a instalação das culturas de milho e feijão em sucessão, sob o sistema de manejo convencional, uma redução no estoque de C do solo para os primeiros anos (1 a 3) de cultivo (Figura 7). Uns dos motivos associado a esse resultado é o fato da conversão das florestas para sistemas agrícolas ocasionar o desequilíbrio entre os fluxos de entrada e saída do C no sistema solo-planta, devido à redução no aporte de resíduos vegetais para a superfície, seguido da alta mineralização da matéria orgânica (Stürmer *et al.*, 2011).

O processo de revolvimento do solo, além de ocasionar a desestruturação dos agregados facilitando a ação dos microrganismos sobre o material exposto, conduz para a intensificação da oxidação da matéria orgânica em decorrência da maior exposição da fração mais lábil ao oxigênio (Six, Elliott e Paustian, 1999). Muitos estudos têm demonstrado um balanço negativo nos estoques de C do solo em função do manejo convencional (Corazza *et al.*, 1999; Fracetto *et al.*, 2012; Hickmann e Costa, 2012; Sacramento *et al.*, 2013). Portanto, a combinação desse manejo aliado a inserção de monoculturas, como o milho, favorece para maiores perdas de C do solo, conforme foi verificado em um estudo realizado por Maia *et al.* (2006) e Rangel e Silva (2007). Uma das possíveis causas é o fato dessa cultura

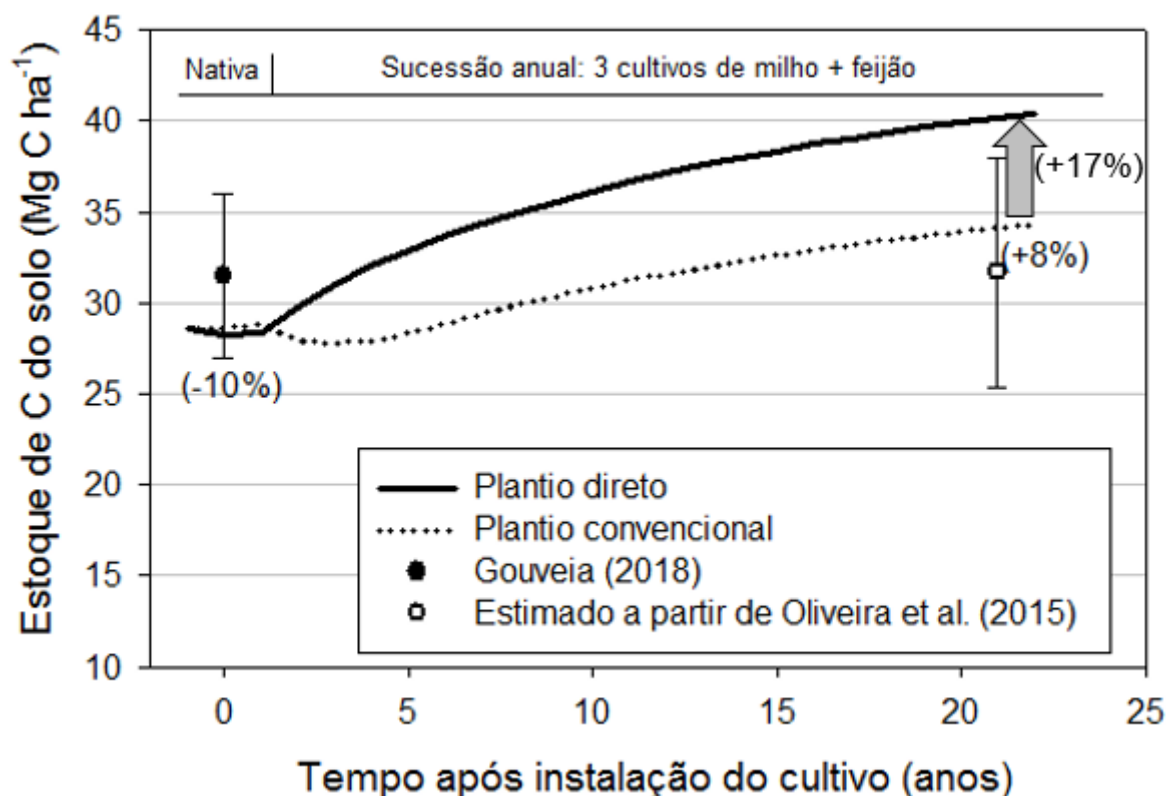
demandar de uma alta quantidade de nutrientes, a exemplo do nitrogênio (N) (Coelho *et al.*, 2008). Porém, como os solos naturalmente contém baixa disponibilidade de N e devido a sua lenta disponibilização via decomposição da biomassa do milho, a produtividade agrícola para as culturas subsequentes é afetada (Calonego, Gil e Rocco, 2012).

Entretanto, percebe-se que a partir do 5 ano de cultivo o sistema agrícola em Canindé de São Francisco SE se torna produtivo o suficiente para promover o aumento nos estoques de C do solo. Esse efeito, explica-se pela associação simbiótica entre bactérias fixadoras de nitrogênio e as raízes das leguminosas (Perin *et al.*, 2004), contribuindo para o fornecimento de nutrientes das culturas subsequentes e desta forma promovendo maior formação de biomassa (Andreola *et al.*, 2000). Outro fator importante, foi a utilização de gramíneas como o milho, a qual conduz para a grande entrada de carbono no solo, visto a sua alta produção de biomassa e relação C:N (Boer *et al.*, 2008). Além disso, o aporte de compostos mais recalcitrantes para o solo, dificulta a decomposição desses resíduos pelos microrganismos, implicando em maior tempo de residência e conseqüentemente em seu acúmulo para esse compartimento (Dieckow *et al.*, 2006). Adicionalmente a qualidade dos resíduos vegetais, o milho apresenta um sistema radicular bastante complexo, o qual proporciona incremento de C para o solo a partir da liberação de material orgânico proveniente da alta renovação de seu sistema radicular (Salton *et al.*, 2008). Em um estudo realizado por Lovato *et al.* (2004), foi verificado que mesmo sem aplicação da adubação nitrogenada, os sistemas com a integração de leguminosas proporcionaram maior adição anual de C e N ao solo pelos sistemas de cultura, correspondendo com uma variação de 4,17 a 8,39 Mg ha⁻¹ e de -21 a

178 kg ha⁻¹, respectivamente. Ambrosano et al. (2011), observou que houve melhoria na produção de cana-de-açúcar após o cultivo prévio de crotalaria (leguminosa), promovendo incrementos de 30% e 35% na produtividade de colmos e de açúcar respectivamente. Assim como foi observado por Calegari et al. (2008), em que a inserção de leguminosas no sistema agrícola promoveu maiores rendimentos de 5% na produtividade do milho.

Buscando verificar o efeito de um manejo alternativo para Canindé de São Francisco, SE, foi simulada a utilização de plantio direto, associado a rotação de culturas, desde a instalação do cultivo (figura 8). O estoque de C do solo resultante foi de 40,2 Mg C ha⁻¹ no solo, ou seja, promoveria um acréscimo de 5,8 Mg C ha⁻¹ em comparação com manejo convencional (34 Mg C ha⁻¹). Resultado semelhante foi encontrado em uma região do semiárido do noroeste da Tunísia, onde a aplicação do plantio direto associado a rotação de culturas em comparação com o manejo convencional, promoveu um acréscimo de 5 Mg C ha⁻¹ após um período de 7 anos para o perfil de 0 a 20 cm do solo (Jemai *et al.*, 2012). Sobre o mesmo perfil avaliado (0 a 20 cm) e manejo aplicado (plantio direto + rotação de culturas), López-Fando e Pardo (2011) encontraram, após 17 anos de cultivo, um estoque de 28,15 Mg C ha⁻¹ em uma área da região semiárida da Espanha Central, apresentando um acréscimo de 9,34 Mg C ha⁻¹ em relação ao manejo convencional (18,81 Mg C ha⁻¹).

Figura 11. Simulação do efeito do cultivo de milho e feijão sobre os estoques de C em solos de Canindé de São Francisco SE utilizando dois sistemas de manejos agrícolas (convencional e plantio-direto). Os valores entre parênteses representam o erro do modelo (comparação entre valores simulados e observados) e também o efeito da utilização de plantio direto em relação à plantio convencional (seta cinza).



Para outras localidades, como em uma área da região Sul do Brasil, o efeito do plantio direto aliado a rotação de culturas na adição de C no solo foi ainda maior, resultando em um acréscimo de 19 Mg C ha⁻¹ após 10 anos de cultivo para a camada de 0 a 20 cm do solo (Neto *et al.*, 2009). Esse resultado deve-se a alta concentração de argila e taxa pluviométrica da região, pois solos mais argilosos tendem a apresentar maior retenção de C devido à sua grande capacidade em formar ligações com a matéria orgânica, a qual é bastante produzida em ambientes com alta disponibilidade de água. Por outro lado, em ambientes com baixa taxa pluviométrica e solos mais arenosos, o acúmulo de C para o solo tende a ser menor, seja pela baixa formação de biomassa ou devido à baixa retenção de C em solos arenosos (Pillon, Mielniczuk e Neto, 2002).

O maior acúmulo no estoque de C do solo utilizando o plantio direto é devido ao não revolvimento do solo e manutenção de resíduos vegetais nas áreas de plantio, favorecendo

que as perdas de água, solo e matéria orgânica em comparação com os manejos convencionais sejam menores (Hernani, Kurihara e Silva, 1999).

Apesar da possível integração do plantio direto associado a rotação de culturas em Canindé de São Francisco SE promover um maior acúmulo de C para o solo em relação a vegetação nativa, vale ressaltar a importância da preservação das florestas dado a grande variabilidade de serviços ecossistêmicos e ambientais prestados por estas (Bochner, 2007; Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010; Machado e Pacheco, 2010).

Desta forma, a implementação do plantio direto associado a rotação de culturas torna-se apenas viável para substituir as áreas que já estão sendo utilizadas, uma vez que a conversão das florestas secas tropicais conduz desde a perda de biodiversidade, emissão de CO₂, déficit hídrico e até a sobrevivência e permanência de muitos agricultores que dependem diretamente dos recursos naturais dessas florestas (Portillo-Quintero *et al.*, 2015).

A agricultura familiar no semiárido nordestino brasileiro constitui uma base responsável pela maior partição da mão-de-obra no campo e no fornecimento de alimentos em nível nacional para o país (IBGE, 2006). Apesar da sua importância socioeconômica e fragilidade ambiental, o semiárido nordestino ainda é uma das regiões pouca atendida nos requisitos relacionados à assistência técnica, apoio financeiro, logística, entre outros fatores que implicam em seu desenvolvimento. Diante desses resultados obtidos neste trabalho, o modelo Century consiste em uma importante ferramenta para avaliar os efeitos do uso da terra sobre os estoques de C do solo, permitindo a elaboração de manejos mais sustentáveis e potencialmente eficazes no sequestro de C em solos do semiárido nordestino brasileiro. Tendo em vista a importância socioeconômica de diversas culturas, como o milho e feijão e a fragilidade desse ecossistema frente às mudanças climáticas, a modelagem tem potencial para dar suporte à busca de manejos alternativos destinados ao semiárido nordestino brasileiro. Sendo assim, sugere-se a implementação do sistema sob plantio direto, associado à culturas em sucessão, além da presença de espécies leguminosas entre as plantas cultivadas, para o manejo do solos de Canindé de São Francisco SE.

5. CONCLUSÕES

- O modelo Century mostrou-se uma ferramenta eficiente para simulação do efeito do uso do solo na Caatinga.
- Dentre os sistemas de manejo avaliados, o plantio direto resultou em maior sequestro de C para os solos de Canindé de São Francisco SE, correspondendo em uma alternativa mais viável para a mitigação da emissão do CO₂ na atmosfera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, R. M. C. M. DE; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. DE M.; CARVALHO, J. DOS S. Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 1–9, mar. 2014.
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCANTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 3, p. 364–369, 9 set. 2010.
- ALMEIDA, C. L. DE; ARAÚJO, J. C. DE; COSTA, M. C. G.; ALMEIDA, A. M. M. DE; ANDRADE, E. M. DE. Fallow Reduces Soil Losses and Increases Carbon Stock in Caatinga. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 2017.
- ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; PINTO, A. DE S.; PAREYN, F. G. C.; CARVALHO, A. L. DE; MARTINS, J. C. R.; CARVALHO, E. X. DE; SILVA, A. S. A. DA; DUTRA, E. D.; SAMPAIO, E. V. DE S. B. Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 254, p. 26–34, fev. 2018.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189–197, mar. 2001.
- AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; SACHS, R. C. C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 810–818, 2011.
- AMMANN, C. M.; JOOS, F.; SCHIMEL, D. S.; OTTO-BLIESNER, B. L.; TOMAS, R. A. Solar influence on climate during the past millennium: Results from transient simulations with the NCAR Climate System Model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 10, p. 3713–3718, 6 mar. 2007.
- ANDRÉA, A. F. D'; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 179–186, fev. 2004.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 867–874, dez. 2000.
- ANGELOTTI, F.; JÚNIOR, P. I. F.; SÁ, I. B. DE. Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Medidas de Mitigação e Adaptação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 15, 2011.
- AQUINO, D. DO N.; ANDRADE, E. M. DE; ALMEIDA CASTANHO, A. D. DE; PEREIRA JÚNIOR, L. R.; QUEIROZ PALÁCIO, H. A. DE. Belowground Carbon and Nitrogen on a Thinned and Un-Thinned Seasonally Dry Tropical Forest. **American Journal of Plant Sciences**, v. 08, n. 09, p. 2083–2100, 2017.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M.; FELLER, C.; CERRI, C. **Gases do efeito estufa e estoques de carbono nos solos: Inventário do Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, 2005.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116–127, mar. 2015.

- BOCHNER, J. K. Serviços ambientais gerados pela floresta de Mata Atlântica na qualidade do solo. p. 55, 2007.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L. DE; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. DE L.; CARGNELUTTI 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**, v. 32, n. 2, p. 843–851, abr. 2008.
- BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1635–1646, dez. 2009.
- BRITO, L. T. DE L.; CAVALCANTI, N. DE B.; SILVA, A. DE S.; PEREIRA, L. A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido Pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102–109, fev. 2012.
- CALEGARI, A.; HARGROVE, W. L.; RHEINHEIMER, D. D. S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S. DE; FATIMA GUIMARÃES, M. DE. Impact of Long-Term No-Tillage and Cropping System Management on Soil Organic Carbon in an Oxisol: A Model for Sustainability. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 4, p. 1013, 2008.
- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Biosci. J.**, v. 28, n. 5, p. 12, 2012.
- CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H. D.; TIRITAN, C. S.; RO, J.; JÚNIOR, B. C. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 9, 2011.
- CAMPOS, B.-H. C. Dinâmica do carbono em latossolo vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas. p. 190, 2006.
- CAMPOS, J. H. B. DA C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. DE P. R. DA. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 396–404, abr. 2010.
- CARVALHO, H.; LEAL, M. **Cultivares de milho e feijão em monocultivo e em consórcio**. Pesq. agropec. Bras., Brasília, 26 (9): 1467-1473, set. 1991, 1991.
- CASTRO, C. N. DE. **A agricultura no Nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2012.
- COELHO, A.; FRANÇA, G.; PITTA, G.; ALVES, V.; HERNANI, L. **Fertilidade de solos Nutrição e Adubação do Milho**, 2008.
- COELHO, J. D. Produção de grãos: Feijão, Milho e Soja. p. 13, 2017.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. DAS N.; LIMA, E. R. V. DE; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. DE. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64–72, jan. 2014.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 425–432, jun. 1999.
- COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. DE V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. DE S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 1–7, mar. 2011.
- COSTA PRIMO, D.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O.; GARRIDO, M. S.; CABRAL, P. K. T. Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 1, p. 81–88, 28 mar. 2012.

- DEL GROSSO, S.; PARTON, W.; STOHLGREN, T.; ZHENG, D.; BACHELET, D.; PRINCE, S.; HIBBARD, K.; OLSON, R. Global potential net primary production predicted from vegetation class, precipitation, and temperature. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2117–2126, ago. 2008.
- DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; GONZÁLEZ-VILA, F. J.; KNICKER, H.; BAYER, C. No-till cropping systems and N fertilisation influences on organic matter composition of physical fractions of a subtropical Acrisol as assessed by analytical pyrolysis (Py-GC/MS). **Geoderma**, v. 135, p. 260–268, nov. 2006.
- FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472–482, 23 out. 2015.
- FERREIRA, A. C. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. DE; EISENHAEUER, N. Land-Use Type Effects on Soil Organic Carbon and Microbial Properties in a Semi-arid Region of Northeast Brazil: LAND-USE EFFECT ON SOIL PROPERTIES. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 2, p. 171–178, fev. 2014.
- FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1545–1552, nov. 2012.
- FRAGA, V. DA S.; SALCEDO, I. H. Declines of Organic Nutrient Pools in Tropical Semi-Arid Soils under Subsistence Farming. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 1, p. 215, 2004.
- GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. S. M.; GAVA, A. T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 21, 2011.
- GOUVEIA, R. F.; PINTO, A. S.; LOUREIRO, D. C. **Estoque e dinâmica do carbono e nitrogênio em diferentes usos da terra na caatinga do estado de Sergipe**. [s.l.] Universidade Federal de Sergipe, 2018.
- GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. DE; ALCÂNTARA, R. M. C. M. DE; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: Efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 469, 1 out. 2008.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145–154, mar. 1999.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. DA. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1055–1061, out. 2012.
- IBGE, I. B. DE G. E E.-I. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59–62, dez. 2010.
- INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em 26 de março de 2019.
- IPCC, I. P. ON C. C. (ED.). **Climate change 2007: the physical science basis ; contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1st published ed. New York: UNEP, 2007.
- JEMAI, I.; BEN AISSA, N.; BEN GUIRAT, S.; BEN-HAMMOUDA, M.; GALLALI, T. On-farm assessment of tillage impact on the vertical distribution of soil organic carbon and structural soil properties in a semiarid region in Tunisia. **Journal of Environmental Management**, v. 113, p. 488–494, dez. 2012.

- KAUFFMAN, J. B.; SANFORD, R. L.; CUMMINGS, D. L.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomass and Nutrient Dynamics Associated with Slash Fires in Neotropical Dry Forests. **Ecology**, v. 74, n. 1, p. 140–151, jan. 1993.
- KAULING, S. **Impacto dos meios de vida e vulnerabilidade de agricultores familiares do semiárido**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 19 jan. 2018.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. DE S. Modelo Century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 679–686, ago. 2003.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 821–832, out. 2003.
- LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T. Aporte e Decomposição da Serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 42–49, mar. 2015.
- LOPES, F.; MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; OLIVEIRA, E. S. Simulação da dinâmica do carbono do solo numa microbacia rural pelo modelo Century. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 745–753, jun. 2008.
- LÓPEZ-FANDO, C.; PARDO, M. T. Soil carbon storage and stratification under different tillage systems in a semi-arid region. **Soil and Tillage Research**, v. 111, n. 2, p. 224–230, jan. 2011.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 175–187, fev. 2004.
- MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia. **Revista GEONORTE**, p. 19, 2010.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. DA S.; OLIVEIRA, T. S. DE; MENDONÇA, E. DE S.; ARAÚJO FILHO, J. A. DE. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 837–848, out. 2006.
- MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. p. 28, 2008.
- MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669–677, maio 2007.
- MARQUES, J. D. DE O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; VITEL, C. M.; MARQUES, E. M. DE A. Soil organic carbon, carbon stock and their relationships to physical attributes under forest soils in Central Amazônia. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 197–208, abr. 2016.
- MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. DE L.; SOUZA, E. R. DE; POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1883–1890, dez. 2010.
- MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, A. F. DOS; NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 581–587, jun. 2013.
- MCTIC. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.mctic.gov.br/portal>>.
- METHERELL, A. K.; HARDING, L. A.; VERNON COLE, C.; PARTON, W. J.

- CENTURY Soil Organic Matter Model Environment.
Great Plains System Research Unit Technical Report No. 4, p. 88, 2017.
- MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 734–740, ago. 2015.
- MMA. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: Plano ABC (Agricultura de baixa emissão de carbono)**. Assessoria de Comunicação Social, 2012.
- _____. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- NASCIMENTO, S.; BASTOS, E.; ARAÚJO, E.; FILHO, F.; SILVA, E. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. p. 8, 2011.
- NETO, M. S.; VENZKE FILHO, S. DE P.; PICCOLO, M. DE C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR): I - Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 1013–1022, ago. 2009.
- NEVES, C. M. N. DAS; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1038–1046, out. 2004.
- NUNES, P.; LUIS, A.; FILHO, A.; JOÃO, A. D. **Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semi-árido nordestino**. Revista Caatinga, 2009.
- OLIVEIRA, S. P. DE; LACERDA, N. B. DE; BLUM, S. C.; ESCOBAR, M. E. O.; OLIVEIRA, T. S. DE. Organic Carbon and Nitrogen Stocks in Soils of Northeastern Brazil Converted to Irrigated Agriculture: SOIL ORGANIC MATTER COMPARTMENTS IN DIFFERENT LAND USE SYSTEMS. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 1, p. 9–21, jan. 2015.
- PAIVA, A. DE Q. MUDANÇA DO USO DA TERRA E DINÂMICA DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO NO PLATÔ DE IRECÊ, BAHIA. v. 40, n. 1, p. 16, 2015.
- PARTON, B.; OJIMA, D.; GROSSO, D. S.; KEOUGH, C. **CENTURY Tutorial. Supplement to CENTURY User's Manual**, 2001.
- PARTON, W. J. *et al.* Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grassland biome worldwide. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 7, n. 4, p. 785–809, dez. 1993.
- PBMC. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]**. COPPE. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35–40, jan. 2004.
- PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; NETO, L. M. Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente. p. 41, 2002.
- PORTILLO-QUINTERO, C.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; CALVO-ALVARADO, J.; QUESADA, M.; ESPÍRITO SANTO, M. M. DO. The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and

- opportunities for its sustainable management. **Regional Environmental Change**, v. 15, n. 6, p. 1039–1049, ago. 2015.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA; CASA CIVIL. **LEI Nº 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C. Biomassa e extração de nutrientes pelo milho submetido a diferentes manejos de adubos orgânicos na região semiárida. **Scientia Plena**, p. 8, 2011.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609–1623, dez. 2007.
- ROSENDO, J. DOS S.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 359–376, ago. 2012.
- SACRAMENTO, J. A. A. S. DO; ARAÚJO, A. C. DE M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. DA S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. DE. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 784–795, jun. 2013a.
- _____. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 784–795, jun. 2013b.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11–21, fev. 2008.
- SANTANA, J.; SOUTO, J. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia (Arica)**, v. 29, n. 2, p. 87–94, ago. 2011.
- SANTOS, J.; GRANGEIRO, J.; BRITO, C.; SANTOS, M. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microregião Cariri Paraibano. 2009.
- SECRETI, M. **Aporte de Carbono ao Solo por Sistemas de Monocultura, Sucessão e Rotação de Culturas**. Mato Grosso do Sul: Universidade Federal da Grande Dourados, 2017.
- SILVA, C.; MACHADO, P. **Sequestro de Emissão de Carbono em Ecossistemas Agrícolas. Estratégias Para o Aumento Dos Estoques De Matéria Orgânica Em Solos Tropicais**, 2000.
- SILVA, I.; MENDONÇA, E. Matéria Orgânica do Solo. *In: Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.
- SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 1, p. 29–36, 31 mar. 2011.
- SILVA, P. M. DE O.; MELLO, C. R. DE; SILVA, A. M. DA; COELHO, G. Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 258–265, jun. 2008.
- SILVA, R. W. DA C.; PAULA, B. L. DE. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terrae Didática**, v. 5, n. 1, p. 42, 1 jul. 2015.
- SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, n. 5, p. 1350, 1999.
- SMITH, P. *et al.* A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. **Geoderma**, v. 81, n. 1–2, p. 153–225, dez. 1997.

- STÜRMER, S. L. K.; ROSSATO, O. B.; COPETTI, A. C. C.; SANTOS, D. R. DOS; CALEGARI, A.; BRUM, B. Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 241–250, 30 jun. 2011.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 213–223, fev. 2011.
- VIEIRA, R. M. DA S. P.; CUNHA, A. P. M. DO A.; ALVALÁ, R. C. DOS S.; CARVALHO, V. C.; FERRAZ NETO, S.; SESTINI, M. F. Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 129–138, jun. 2013.
- VILELA, E. F.; MENDONÇA, E. S. Impactos de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: Modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, v. 8, p. 354–363, 2013.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. DE S.; ALMEIDA, R. F. DE. Simulação dos estoques de Carbono e Nitrogênio pelo Modelo Century em Latossolos, no Cerrado Brasileiro. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 45, n. 2, p. 11, 2014.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 84, n. 1, p. 28–40, nov. 2005.
- ZUMBA, J. **O cultivo de feijão-caupi com emprego de inoculante, adubos orgânicos e mineral**. Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

APÊNDICE

Apêndice 1. Parâmetros de arquivos do modelo Century ajustados para calibração de vegetação nativa de Caatinga. TSAVAN refere-se aos parâmetros pré-ajustados pelos desenvolvedores do modelo para savanas temperadas.

	TSAVA			TSAVAN	
	N	Atual		Atual	
<i>Arquivo TREE.100</i>			<i>Arquivo CROP.100</i>		
'FCFRAC(1,2)'	0.28	0.18	'PRDX(1)'	0.3	0.2
					0.0000
'FCFRAC(2,2)'	0.27	0.22	'SNFXMX(1)'	0	1

'FCFRAC(3,2)'	0.08	0.33			
'FCFRAC(4,2)'	0.32	0.22	<u>Arquivo FIX.100</u>		
'LEAFDR(1)'	0.01	0.03	'ADEP(1)'	15	10
'LEAFDR(2)'	0.01	0.04	'ADEP(2)'	15	10
'LEAFDR(3)'	0.01	0.02	'ADEP(3)'	15	10
'LEAFDR(4)'	0.01	0.03	'ADEP(4)'	15	10
'LEAFDR(5)'	0.01	0.05	'ADEP(5)'	30	0
'LEAFDR(6)'	0.01	0.21	'ADEP(6)'	30	0
'LEAFDR(7)'	0.01	0.22	'ADEP(7)'	30	0
'LEAFDR(8)'	0.01	0.21	'ADEP(8)'	30	0
'LEAFDR(9)'	0.01	0.09			
'LEAFDR(10)'	0.01	0.02			
'LEAFDR(11)'	0.01	0.02			
'LEAFDR(12)'	0.01	0.05			
'BTOLAI'	0.011	0.00823			
'MAXLAI'	20	5			
'SNFXMX(2)'	0	0.00001			
