



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL – CSTR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA

JEFFERSON FERREIRA DE FREITAS FEITOSA

**MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL PELO
SOFTWARE PHYWEB EM CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO**

PATOS – PB

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL – CSTR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA

JEFFERSON FERREIRA DE FREITAS FEITOSA

Tecnólogo em Agroecologia

MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL PELO
SOFTWARE PHYWEB EM CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Manejo Sustentável da Caatinga e Produção de Plantas Forrageiras

Orientador: Prof. Dr. José Morais Pereira Filho

PATOS – PB

2021

F311m Feitosa, Jefferson Ferreira de Freitas.
Modelagem da produção de forragem do capim-buffel pelo software Phyweb em caatinga raleada no semiárido. / Jefferson Ferreira de Freitas Feitosa. - 2020.

87f.

Orientador: Professor Dr. José Morais Pereira Filho.

Dissertação de Mestrado; (Programa de Pós-graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

1. Modelagem de produção de forragem. 2. Capim-buffel - forragem. 3. Software Phyweb. 4. Caatinga raleada no semiárido - forragem. 5. Potencial da caatinga - alimentação animal. 6. Método de Monte Carlo. 7. Forragem de capim-buffel. 8. Pastagem natural - caatinga. 9. Software @risk. I. Pereira Filho, José Morais. II. Título.

CDU:636.085.51(043.3)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Modelagem da produção de forragem do capim-buffel pelo software phyweb em caatinga raleada no semiárido.

AUTOR: JEFFERSON FERREIRA DE FREITAS FEITOSA

ORIENTADOR: Dr. JOSÉ MORAIS PEREIRA FILHO

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO



Dr. José Morais Pereira Filho

UAMV-UFCG

Presidente



Dr. Magno José Duarte Cândido

DZ/CCA/UFCG

1º Examinador



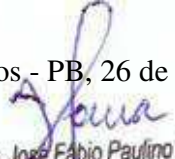
Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo

UATEC/CDSA/UFCG

2º Examinador

Patos, - PB, 26 de fevereiro de 2021




Prof. Dr. José Fábio Paulino de Moura
Coordenador APGCA/CSTR/UFCG

Prof. Dr. José Fábio Paulino de Moura

Coordenador

Dedico

*A Deus pelas bênçãos em cada passo
Em minha jornada.*

Ofereço

*Aos meus pais, pela educação e confiança e a minha irmã
Luciclea Ferreira de Freitas Feitosa (In memoriam)
Por acreditar na realização de todos os meus sonhos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu que essa vitória acontecesse, a Jesus, por ser o Mestre Maior que alguém pode conhecer e à virgem Maria Mãe de Deus filho e nossa Mãe, pelas graças recebidas.

Aos meus pais, José Francisco Feitosa Filho e Inácia Ferreira de Freitas Feitosa, que apesar de todas as dificuldades, me fortaleceram nessa jornada. E as minhas irmãs, Lucivania, Luciclea (*In memoriam*), Lucile.

Ao meu orientador, professor Dr. José Morais Pereira Filho, pelo aceite e empenho dedicado à elaboração deste trabalho e suporte no tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. E a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Patos, pela oportunidade de fazer a Pós-Graduação.

Aos examinadores da banca pela disponibilidade em participar e pelas sugestões.

Ao pessoal da Universidade Federal Vale do São Francisco (UNIVASF) por ceder o espaço para a capacitação no uso do Software PHYWEB. E da Universidade Federal do Ceará (UFC) em nome de Samuel Rocha pelos ensinamentos juntos ao PHYWEB e ao Professor Dr. Magno Cândido pela dedicação junto ao projeto.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal por terem me proporcionado o conhecimento para a formação profissional. E aos colegas da Pós-graduação e aos amigos e companheiros de vida e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo e apoio à pesquisa.

Obrigado a todos.

“Quando você conseguir superar problemas graves não se detenha na lembrança dos momentos difíceis, mas na alegria de haver atravessado mais essa prova em sua vida.

Quando sair de um longo tratamento de saúde, não pense no sofrimento que foi necessário enfrentar, mas na bênção de Deus que permitiu a cura.

Leve na sua memória, para o resto da vida, as coisas boas que surgiram nas dificuldades. Elas serão uma prova de sua capacidade e lhe darão confiança diante de qualquer obstáculo”.

Chico Xavier

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	10
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	12
LISTA DE GRÁFICOS.....	13
LISTA DE TABELAS	14
GENERAL ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Semiárido e potencial da caatinga na alimentação animal	19
2.2 Capim Buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) como alternativa alimentar no semiárido	22
2.3 Modelagem mecanicista na estimativa de forragem	24
2.4 Modelo de crescimento de fitomassa (PHYGROW).....	27
2.5 Método de Monte Carlo (SMC)	30
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

CAPÍTULO 1

SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL ATRAVÉS DO SOFTWARE PHYWEB EM ÁREA DE CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO43	
RESUMO.....	44
1 INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
2.1 Área de estudo.....	46
2.2 Simulação de estimativa de produção do Capim-buffel no PHYWEB.....	49
2.3 Parametrização, calibração e validação do modelo no PHYWEB.....	49
2.4 Performance do modelo.....	50

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4 CONCLUSÃO.....	62
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

CAPÍTULO 2

SIMULAÇÃO DE ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	69
RESUMO.....	70
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS	72
2.1 Área de Estudo	72
2.2 Dados de produtividade, precipitação e solo.....	73
2.3 Descrição do modelo	73
2.4 Série Sintética de estimativa de produção do Capim-buffel.....	74
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4 CONCLUSÃO.....	84
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
BFT	Biomassa de Forragem Total
BSh	Clima Semiárido Quente
Ca	Cálcio
CE	Ceará
CSTR	Centro de Saúde e Tecnologia Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Eto	Evaporação de referência
EUA	Estados Unidos da América
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDA (CDF)	Função de Distribuição Acumulada
FDN	Fibra em Detergente Neutro
g/m ²	Gramas por metro quadrado
H+Al	Acidez potencial
Ha	Hectare
K	Potássio
Kg	Quilograma
Mg	Magnésio
mm	Milímetros
MS	Matéria Seca
Na	Sódio
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
OF	Oferta de Forragem
P	Fósforo
PA	Pará
PB	Paraíba
PB	Proteína Bruta
PDF	Função Densidade de Probabilidade
PE	Pernambuco

Ph	Potencial hidrogeniônico
PHYGROW	Phytomas Growth
SATVEG	Sistema de Análise Temporal da Vegetação
SDTFs	Florestas Tropicais Sazonais Secas
SMC	Simulação de Monte Carlo
T	Capacidade de troca de cátions a Ph 7,0
TRMM	Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
V	Saturação por bases

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização da Fazenda Lameirão, Município de Santa Terezinha-PB, Brasil	46
Figura 2. Vegetação raleada e enriquecida com capim-buffel da área experimental	48
Figura 3. Capim-buffel na área experimental no período seco da região	55
Figura 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos de pluviosidade, temperatura, NDVI e a produção do capim buffel	59

CAPÍTULO 2

Figura 1. Imagem de satélite da área experimental na fazenda lameirão, Santa Terezinha – PB.....	73
Figura 2. Comparação de ajuste para produção de forragem no software @Risk.	79
Figura 3. Produção de forragem do capim-buffel e função densidade de probabilidade no software @Risk.	80

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 1

- Gráfico 1.** Média climatológica de precipitação pluviométrica (mm) no município de Santa Terezinha – PB ao longo de 30 anos (Climatempo, 2020)..... 47
- Gráfico 2.** Série histórica da produção de forragem (kg de MS/ha) do capim-buffel na área experimental estimada no PHYWEB (1950 – 2020)..... 52
- Gráfico 3.** Produção média anual do capim-buffel (kg de MS/ha) na área experimental (1950 – 2020)..... 53
- Gráfico 4.** Distribuição de picos forrageiros do capim-buffel ao longo do ano na área experimental entre 1950-2020..... 57

CAPÍTULO 2

- Gráfico 1.** Produção de forragem do capim-buffel observado e comportamento estimado pelo software..... 76
- Gráfico 2.** Máxima produção de forragem anual do capim-buffel na área experimental a partir da série histórica (1950 – 2020)..... 77
- Gráfico 3.** Série sintética em relação a produção de forragem do capim-buffel na área experimental..... 81
- Gráfico 4.** Probabilidade de produção do capim-buffel acima de 1.000 kg de MS ha⁻¹ na área experimental de caatinga raleada e enriquecida..... 83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Valores de produção do capim-buffel observados, estimados e validados no software.....	52
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Parâmetros estatísticos da série histórica de máximo anual e da série sintética gerada no @risk.....	82
---	----

MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL PELO SOFTWARE PHYWEB EM CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO

RESUMO GERAL

Realizou-se uma simulação da série histórica de produção forrageira do capim-buffel através do software PHYWEB a partir de parâmetros de solo e clima da área. O estudo de campo foi conduzido no bioma caatinga na Fazenda Lameirão, localizada no município de Santa Terezinha, Paraíba. A produção estimada no software foi comparada por meio de revisão da literatura para calibração e validação a fim de testar a conformidade e veracidade da série. A produção estimada de forragem do capim-buffel variou entre 27 e 2.967 kg de MS ha⁻¹, com produção média anual em torno de 990,84 kg de MS ha⁻¹ nos últimos 70 anos. Observou-se alta produção mas também alta variabilidade de forragem entre a época das chuvas e a seca. Nesse sentido, analisaram-se os padrões de produção do capim-buffel a fim de estimar a função densidade de probabilidade que ela representa por meio de uma série sintética. Utilizou-se a série histórica da área estimada no PHYWEB por meio de ajustes de parâmetros apropriados e o método de Monte Carlo através do software @risk, para simular a série sintética e a função densidade de probabilidade pelo teste Qui-quadrado (χ^2). Os maiores picos produtivos variaram entre 1.000 e 2.967 kg de MS ha⁻¹. O método de Monte Carlo permitiu gerar dados sintéticos de produção do capim-buffel baseados nos picos produtivos que variaram entre 315 e 3.700 kg de MS ha⁻¹, com uma probabilidade de 90% para uma produção de 1.300 kg de MS ha⁻¹ano⁻¹ área de caatinga raleada.

Palavras-chave: pastagens naturais, phygrow, @risk, monte carlo, estocagem.

MODELING OF BUFFEL GRASS FORAGE PRODUCTION BY PHYWEB SOFTWARE IN THINNED CAATINGA IN SEMIARID

GENERAL ABSTRACT

In this work, a simulation of the historical series of forage production of grass-buffel is carried out using the PHYWEB software based on soil and climate parameters of the area. The field study was conducted in the caatinga biome at Fazenda Lameirão, located in the municipality of Santa Terezinha, Paraíba State. The estimated production in the software was compared by reviewing the literature for calibration and validation in order to test the veracity and conformity of the series. The forage production of buffel grass varied between 27 and 2,967 kg of DM ha⁻¹, with an average annual production of around 990.84 kg of DM ha⁻¹ in the last 70 years. It was possible to observe a high amount and variability of forage between the rainy and dry seasons. In this sense, seeking to analyze the forage production patterns of buffel grass in order to estimate the probability density function that it represents through a synthetic series. The historical series of the area estimated in the PHYWEB was used through appropriate parameter adjustments and the Monte Carlo method through the @risk software, to simulate the synthetic series and the probability density function by the Chi-square test (χ^2). It was observed that the highest productive peaks varied between 1,000 and 2,967 kg of DM ha⁻¹. The applicability of the Monte Carlo method allowed generating synthetic data of buffel grass forage production based on the productive peaks that varied between 315 and 3,700 kg of DM ha⁻¹, with a 90% probability for a production of 1300 kg of DM ha⁻¹ year⁻¹ area of thinned caatinga.

Keywords: rangeland, phygrow, monte carlo, risk assessment tool, storage.

1 INTRODUÇÃO GERAL

As pastagens naturais são a fonte de alimento mais acessível para a produção animal no Semiárido Brasileiro, especialmente para os pequenos produtores. Devido à variabilidade climática e ao uso abusivo do solo, em muitos casos seu uso ao longo do tempo tem repercutido numa baixa produtividade da propriedade, agravando os riscos já normalmente enfrentados pelos agropecuaristas da região.

Considerando a variabilidade do nosso clima entre as estações chuvosa e seca na região, há grande incerteza na estimativa da capacidade de suporte das pastagens devido a seu caráter aleatório, e isso tem ocasionado a morte de animais e venda de parte do rebanho a preços muito baixos durante a estiagem de longa duração, descapitalizando o pequeno produtor.

Nesse sentido, o conhecimento e uso de diversas técnicas como o uso de forrageiras adaptadas e fertilização da cultivar, podem aumentar a produção quando não há uma grande variação climática. Entretanto, não se sabe quanto de forragem deve ser conservado a cada ano para estabilizar a capacidade de suporte do pasto.

Estratégias devem ser formuladas para incorporar diretrizes de desenvolvimento social e proteção ambiental à produção agropecuária. As tendências tecnológicas atuais mostram que os instrumentos de planejamento socioambiental, as boas práticas agrícolas e a adoção de tecnologias inovadoras são essenciais na propriedade rural.

Para produzir expectativas satisfatórias para os próximos anos, o uso de técnicas para estimativa de produção é muito importante. A modelagem admite que através das características da área e das leis probabilísticas é possível gerar séries sintéticas de produção de forragem baseadas em softwares.

O PHYWEB é uma ferramenta online de verificação da vegetação que leva em consideração as características locais para estimar a produção de forragem de determinada planta. O uso desta ferramenta associada à abordagem probabilística permitirá aos produtores fazerem um planejamento alimentar na propriedade a longo prazo, maximizar a sustentabilidade ecológica e incentivar o uso de tecnologias de conservação de forragem na região.

Portanto, essa pesquisa foi conduzida com o objetivo de utilizar o software PHYWEB para simular a produção de forragem do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) em caatinga raleada e estimar sua probabilidade produtiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Semiárido e potencial da caatinga na alimentação animal

Representado 10,7% da área do Brasil, a caatinga se estende por uma área de 912.529 km², sendo composta por Florestas Tropicais Sazonais Secas (SDTFs) da Região Neotropical (SILVA et al., 2017). Seu clima é marcado por duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, o que afeta a dinâmica de todos os componentes bióticos do bioma (VASCONCELLOS et al., 2010). É caracterizado por ser quente, seco e de baixo índice pluviométrico, com períodos secos prolongados e chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano, onde o fornecimento irregular de pastagem é um fator limitante para a produção animal nessas áreas (CAMPOS et al., 2017).

Sua vegetação é composta por espécies lenhosas e herbáceas de pequeno e médio porte, geralmente com espinhosos (ANDRADE et al., 2010). Tida como pastagem nativa, tem sido historicamente utilizada pela pecuária, destacando-se a formação de pequenos ruminantes e tradicionalmente utilizada pelos moradores locais como meio de sobrevivência (OLIVEIRA, 2018).

A caatinga encontra-se muito ameaçada pela utilização não racional dos seus recursos. Esse tipo de gestão da exploração, com pouca ou nenhuma preocupação com o pasto, sua gestão e manutenção, degrada as pastagens e os solos de forma intensiva (VIEIRA JÚNIOR et al., 2019). Uma das chaves para o uso sustentável desse ambiente é o conhecimento aprofundado das relações ecológicas entre os fatores vegetais, animais e humanos aí presentes.

Neste contexto, é importante avaliar a dinâmica das pastagens nativas para criar informações que possam fazer um diagnóstico abrangente do sistema de produção existente (OLIVEIRA, 2018). De acordo com Costa et al. (2015), entender como as características estruturais das espécies vegetais da caatinga afetam o comportamento dos animais pode ajudar a melhorar as práticas de manejo, especialmente as cabras.

A disponibilidade máxima de forragem geralmente ocorre na estação chuvosa e é fornecida pela camada de ervas, mas devido às características da estação seca, as folhas das plantas lenhosas são incorporadas à dieta dos animais (PEREIRA FILHO et al., 2006). O maior problema com a escassez de

fornageiras no período crítico é a falta de conhecimento e até mesmo a falta de aproveitamento de muitas espécies com alto potencial produtivo, que podem ser utilizadas na estação seca do ano ou preservadas na natureza. Como a vegetação da caatinga é composta principalmente por espécies de plantas, essas espécies de plantas podem ser uma fonte de proteína (ANDRADE et al., 2010).

As folhas e ramos de plantas herbáceas e espécies lenhosas produzem aproximadamente 4.000 kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹, mas apenas 10% (400 kg) podem ser usados como forragem (PEREIRA FILHO et al., 2013). Na vegetação herbácea da caatinga destacam-se as gramíneas: milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum* sp.), capim-rabo-de-raposa (*Setária* sp.) e capim-panasco (*Aristida setifolia*); e as dicotiledôneas: mata-pasto (*Senna obtusifolia*) alfazema-brava (*Hyptis suaveolens*), malva-branca (*Sida cordifolia*), feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides* L.), centrosema (*Centrosema* sp), erva-de-ovelha (*Stylosanthes humilis*), manda-pulão (*Croton* sp.), breço (*Amaranthus* sp.) (PEREIRA FILHO & BAKKE, 2010).

As principais alternativas para melhoria dos índices produtivos dos rebanhos no Semiárido Brasileiro são a utilização racional das plantas nativas em consorciação com algumas plantas cultivadas tolerantes ao clima e adaptadas ao solo, juntamente com a conservação do excesso de forragem produzida e não consumida no período das chuvas, seja essa na forma de fenação ou ensilagem, seja com a utilização do recurso das capineiras, para poder suprir a necessidade dos rebanhos no período seco, sem necessidade de diminuição do número de animais por área ou hectare (CAMPOS et al., 2017).

Devido a essa variabilidade climática encontrada na região, as plantas forrageiras da caatinga podem representar o único recurso forrageiro disponível aos animais, sendo considerada em alguns tipos de caatinga os principais componentes da dieta de caprinos e ovinos da região onde são predominantemente produzidos em regime extensivo com o uso da vegetação nativa. Porém ainda há necessidades de informações sobre o potencial dessas plantas, para que se tenha maior conhecimento sobre o uso e o manejo dessas espécies e as potencialidades que estas podem trazer para a região semiárida (MAIA & GURGEL, 2013).

Atualmente a agropecuária constitui uma atividade de extrema importância no contexto do semiárido, representa a base da economia regional. Além disso, a maior parte da vegetação remanescente foi antropizada. Nesse sentido, o grande desafio da pecuária nesse ecossistema é utilizar os recursos da caatinga preservando sua sustentabilidade (PAREYN, 2010; ANDRADE *et al.*, 2010). Assim, torna-se evidente que a pecuária tende a ser uma das alternativas de exploração sustentável da caatinga.

No sistema de produção, é necessário entender melhor as relações dos animais no ecossistema para fazer melhor uso do suporte forrageiro fornecido pelo ecossistema. O uso de espécies forrageiras como principal fonte de alimentos para ruminantes é a alternativa mais barata de alimentação dos rebanhos. Portanto, é fundamental que o desenvolvimento desse suporte forrageiro seja compatível com o potencial da vegetação (ANDRADE *et al.*, 2005; ARAÚJO, 2010; MAIA & GURGEL, 2013).

O desempenho dos animais depende diretamente da capacidade de consumir e usar os alimentos fornecidos. Quando estes se encontram num ambiente de pastagem nativa, o desempenho vai depender da capacidade de escolha, consumo e aproveitamento do alimento, que não é simplesmente oferecido ao animal, mas está disponível na pastagem. É por conta dessa capacidade de escolha e também da seleção das melhores partes do alimento que a espécie caprina sempre se destacou em pastagens nativas que apresentam maior diversidade de espécies forrageiras (OLIVEIRA, 2018).

O uso dessas espécies existentes é uma das formas de minimizar o problema, relacionado à segunda opção, que será o uso da tecnologia de processamento da caatinga para aumentar o aproveitamento da forragem (ANDRADE *et al.*, 2010).

A maioria das propriedades dispõem de áreas pequenas para grandes rebanhos, por isso faz-se necessário a aplicação estratégias ou técnicas de manipulação da vegetação como raleamento, rebaixamento e enriquecimento, que venha a incrementar a oferta de forragem nesses sistemas para produtividade animal, intensificando-o sem degradar.

O raleamento é uma técnica de manipulação de árvores e arbustos, que se propõe a reduzir a densidade de árvores e arbustos com baixo potencial lenhoso e forrageiro, sem proporcionar um método de perda de biodiversidade.

O rebaixamento consiste em cortar as espécies lenhosas, enquanto o enriquecimento inclui o aumento de outras espécies da área (como o pasto), aumentando assim o aproveitamento de matéria seca.

Nesse sentido, a associação dessas práticas às precipitações, permite a germinação das sementes das espécies herbáceas com desenvolvimento satisfatório, tornando, o estrato herbáceo mais representativo na produção de forragem da caatinga, que pode ser usada para animais na maioria dos casos (PEREIRA FILHO et al., 2013).

2.2 Capim-buffel como alternativa alimentar no semiárido

Os pequenos ruminantes são uma das escolhas mais importantes para a pecuária no semiárido brasileiro (RAMOS et al., 2017). Em geral, a vegetação nativa da caatinga compõe a base alimentar dos rebanhos e na maioria dos casos não é suficiente para atender as demandas nutricionais dos ruminantes em quantidade e qualidade de forragem, levando a baixos indicadores zootécnicos e rentabilidade na atividade, o que dificulta a definição de um plano alimentar (SANTOS et al., 2011; RAMOS et al., 2017).

Portanto, soluções alternativas são buscadas para reduzir os gastos com a produção animal e reduzir o impacto da seca sobre os animais. Uma opção é usar pastagens naturais adaptadas a climas semiáridos, além de proteção durante a estação chuvosa (CAMPOS et al., 2017). Nesse caso, o cultivo e uso de plantas forrageiras alternativas (adaptadas) é uma estratégia que pode contribuir com a redução das deficiências ao uso das pastagens nativas na alimentação de pequenos ruminantes no período seco no Nordeste brasileiro (ARAÚJO et al., 2015).

Diante disso, o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) surge como um dos recursos forrageiros que podem ser utilizados com o objetivo de diminuir a deficiência alimentar dos rebanhos (BEZERRA et al., 2014). É originário da África e foi introduzida no Brasil em 1952 como opção de forrageamento em áreas semiáridas. Possui características marcantes na região e é de extrema importância para a região (OLIVEIRA, 1993). Tolerante à seca e amplamente cultivado em regiões tropicais e subtropicais secas em todo o mundo. Gramínea de sistema radicular permanente e profundo, seu valor nutritivo é alto

(OLIVEIRA, 1981; MARSHALL; LEWIS; OSTENDORF, 2012) com digestibilidade da matéria seca e teor proteico variando de 3,04 a 4,52% com base na matéria seca (MOREIRA et al., 2007), possuindo boa palatabilidade.

Entre os cultivares mais utilizados destacam-se Gayndah, Biloela, Americano e Molopo. A cultivar Biloela é uma das mais adaptadas ao Semiárido Brasileiro, e de maior preferência entre os pecuaristas para a formação de pastagens de capim-buffel (MONÇÃO et al., 2011).

Esta espécie apresenta rápido crescimento e maturidade, período de floração prolongado e sementeira de alto rendimento, e seu porte varia entre 0,6 e 1,5 metros a depender da cultivar (MARTIN et al., 2015; MOREIRA et al., 2015). E possui rápido florescimento após as primeiras chuvas (± 120 dias) pois seu o ciclo fenotípico é mais acelerado (LUNA et al., 2014).

Seu plantio normalmente é realizado por sementes no início da estação das chuvas, podendo ser plantadas em covas ou trincheiras. Também pode ser executado ao final do período de seca para aproveitar as primeiras chuvas. Para se obter uma boa germinação, as sementes de capim-buffel devem ser plantadas pelo menos seis meses após colhidas, em razão da dormência fisiológica que apresentam (IPA, 2008).

De acordo com sua idade de regeneração, sua composição químico-bromatológica muda repentinamente, por isso deve ser utilizado durante o período de crescimento tanto quanto possível (VOLTOLINI et al., 2014). No período das chuvas, o capim cresce vegetativamente, e a composição químico-bromatológica apresenta um ponto ideal (MONTEIRO et al., 2011), com valores de digestibilidade in vitro da MS é próximo a 60% da MS, o teor de proteína bruta (PB) é superior a 10% da MS (VOLTOLINI et al., 2011). Este volumoso obtido na época seca do ano é um material de baixa qualidade, devido o mesmo apresentar um elevado teor de FDN oscilando de 68,49 a 79,62% (MOREIRA et al., 2007). Sendo valores relevante às regiões áridas e semiáridas.

Em condições de monocultivo pode apresentar produção de forragem da ordem de 12.000 kg de MS ha⁻¹ na região semiárida brasileira (OLIVEIRA, 1993). Porém, com o capim-buffel para enriquecimento da Caatinga pode-se aumentar significativamente a produção de matéria seca do capim, em detrimento do mínimo de dicotiledôneas, fornecer mais nutrientes para melhorar o desempenho de crescimento dos animais sem comprometer a sustentabilidade das plantas

nativas. (SILVA et al., 2009). Que além de preservar a caatinga, este método possibilita utilizar seu alto potencial de forragem na estação chuvosa (IPA, 2008).

Moreira et al. (2007), ao avaliar o potencial de produção do capim-buffel e seu uso na forma de pasto diferido em 7,5 hectares de terras em uma área no sertão do Estado de Pernambuco, verificaram que a disponibilidade de fitomassa ao longo do ano variou de 6.492 kg de MS ha⁻¹ para 3.356 kg de MS ha⁻¹.

Tendo em vista sua característica de resiliência em longos períodos de estiagens nas áreas de caatinga enriquecida (GIONGO et al., 2012). Formiga et al. (2012) em pesquisa realizada em área de caatinga raleada no sertão paraibano, observaram queda na produção total de forragem de 3.397 kg de MS ha⁻¹ no período chuvoso para a 1.413 kg de MS ha⁻¹ no período. Além disso, sua utilização pode ser otimizada a partir de combinações de associação com outras fontes de forragens, como pastagens nativas e pastagens nativas + leguminosas, além do uso da palma forrageira (MOREIRA et al. 2007).

2.3 Modelagem mecanicista na estimativa de forragem

A modernização do setor agrícola confunde-se com o desenvolvimento de modelos de previsão e produção de culturas, porque os experimentos empíricos dos agricultores permitem que eles observem as mudanças na produtividade com base na época de semeadura e nas rápidas mudanças no agroecossistema. Nesse caso, a modelagem tornou-se uma importante ferramenta na agricultura, principalmente para a tomada de decisão quanto ao manejo de fatores bióticos e abióticos na produção agrícola (XU et al., 2019).

A modelagem é uma etapa técnica de um método teórico, projetado para atender aos requisitos do guia de método de pesquisa científica. Portanto, o modelo é muito importante para estabelecer a conexão entre o nível de observação e a proposição teórica (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo Soler (2004), um modelo simula a cultura estimando o crescimento de seus componentes (como folhas, raízes e caules). No entanto, com base no mecanismo de adaptação, sob o mecanismo muitas vezes oneroso em termos de compensação, externalidades e passivos, a promoção de estratégias adaptativas requer uma abordagem mais integrada para minimizar a interação

com o uso de recursos naturais e contramedidas de política setorial (GIATTI et al., 2016).

São necessárias interconectividade e parcerias inovadoras para proporcionar oportunidades de compartilhamento rápido de informações para entender e antecipar as perspectivas e declínios na produtividade das pastagens e os impactos associados na produção pecuária, segurança alimentar e potencial de conflito civil (ANYAMBA et al., 2006; LEHNER et al., 2006).

A modelagem tem sido amplamente entendida na contemporaneidade, principalmente sob a ótica das variações climáticas, neste caso a cultura pode expressar as mudanças morfofisiológicas por meio da reflexão sobre a produção (LECERF et al., 2019). Esse tipo de apoio à decisão baseado na modelagem surgiu no início dos anos 90, pois a geração de novos dados por métodos tradicionais de pesquisa agrônômica não era suficiente para atender à crescente demanda por respostas da pesquisa.

Esses modelos geralmente são baseados em centenas (ou milhares) de equações para muitos processos individuais, geralmente organizados em algoritmos e interfaces amigáveis. A geração de um modelo mecanicista envolve conhecimento sobre o sistema a ser simulado organização, interpretação e um conhecimento maciço de fisiologia, além de validar o modelo com dados experimentais (DOURADO-NETO et al., 1998).

A modelagem matemática se baseia em relações obtidas por meio de experimentos e no crescimento das plantas em relação à magnitude das variáveis climáticas (SILVA NETO et al., 2016). Uma compreensão e apreciação básicas dos principais processos fisiológicos das plantas e as interações com outros processos no sistema agrícola são a base para a modelagem mecanizada das culturas. Esse conhecimento também ajuda no desenvolvimento de critérios de tomada de decisão, desde a seleção do genótipo e local do campo, até a definição de investimentos estratégicos em gestão de culturas e infraestrutura (LISSON et al., 2005). Possibilitando observar quais fatores devem ser mais estudados em pesquisas futuras, além de ajudar a entender as interações básicas no sistema solo-planta-atmosfera, aumentando a compreensão do sistema.

As projeções climáticas preveem importantes alterações nos padrões de temperatura e precipitação para os biomas brasileiros, podendo influenciar a

disponibilidade e a utilização dos recursos dos quais dependem os meios de vida humanos (MAGRIN et al., 2014).

Em diferentes partes do mundo, vários modelos mecânicos foram desenvolvidos ou usados para alimentos. No entanto, a maioria contém conhecimento básico obtido a partir de modelos desenvolvidos para culturas, ou foram avaliados, ou são aplicáveis apenas a espécies forrageiras temperadas. Uma vez que os modelos mecânicos simulam o crescimento com base nos processos da planta, eles podem se adaptar a condições diferentes das condições originais. Os exemplos incluem as últimas modificações em modelos que foram originalmente desenvolvidos nos Estados Unidos e na Austrália para agricultura ou plantações de forragem temperadas, e foram calibrados para espécies tropicais no Brasil, como capim-mombaça (*Megathyrsus maximus*), capim-marandu (*Brachiaria brizantha*), capim-tanzânia (*Panicum maximum*) (PEDREIRA et al., 2011; LARA et al., 2012; ARAÚJO et al., 2013).

Overman et al. (1988, 1989) descreveram dois modelos simples para simular a produção costeira de capim-bermuda com apenas três ou quatro parâmetros que são ajustados para cada novo local. Mais recentemente, Rymph et al. (2004) adaptaram o modelo CROPGRO para simular o capim-bahia.

Devido à importância dos fatores ambientais na produção de forragem, modelos matemáticos foram desenvolvidos e usados para prever a produtividade com base em variáveis climáticas. Na literatura diversas parametrizações para as variedades de *Urochloa* e *Panicum*, o modelo mecânico foi parametrizado na literatura para estimar a produtividade (BOOTE et al., 1998).

Outros modelos matemáticos para avaliação da produção de forragem foram desenvolvido por Tonato et al. (2010), usando variáveis meteorológicas como temperatura mínima, máxima, média e radiação incidente global para gramíneas do gênero *Cynodon*, *Panicum* e *Urochloa*, combinando os dados coletados por cinco experimentos independentes conduzidos na parte sudeste das partes centro, oeste e sul do Brasil para considerar o conjunto de dados usado no desenvolvimento do modelo, diferentes modelos foram ajustados para diferentes pastagens e condições climáticas.

Uma vez ajustado, calibrado e verificado para as condições de clima e solo da região de interesse, o modelo de simulação se tornará uma ferramenta poderosa e confiável para apoiar o desenvolvimento de sistemas de produção

inovadores (KOMAREK et al., 2012). Assistência técnica rural (OLIVER et al., 2012) e avaliação da utilização e eficiência de recursos e insumos (SALAZAR et al., 2012; QURESHI et al., 2013).

2.4 Modelo de crescimento de fitomassa (PHYGROW)

O Modelo de simulação Phytomas Growth (PHYGROW) é um sistema diário de computação por etapas que modela o crescimento de ervas e arbustos acima do solo, consumo de forragem e processos hidrológicos. É capaz de modelar a dinâmica de crescimento de muitas espécies de plantas competindo por recursos limitados, enquanto modela o pastejo por herbívoros na competição por recursos forrageiros. (CNRIT, 2017).

O PHYGROW é um mecanismo de algoritmo ou computação por etapa diária, baseado em pontos, que modela o crescimento das plantas acima do solo, o consumo de forragem e os processos hidrológicos. O modelo foi codificado pela primeira vez em 1990 e passou por muitas melhorias desde então. Os algoritmos de computação originais do modelo são uma mistura de fórmulas adaptadas de outros modelos de crescimento de plantas (Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems - CREAMS, Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems - GLEAMS, Environmental Policy Integrated Climate - EPIC, The Water Erosion Prediction Project - WEPP, Simulation of Production and Utilization of Rangelands - SPUR, Soil Organic Matter Model Environment - CENTURY, Ekalaka Rangeland Hydrology and Yield - ERHYM-II) bem como o relacionamento biológico da pesquisa em nível de perfis e seleção dietética realizada na Texas A&M University (CNRIT, 2017).

O modelo desenvolvido pela Texas A & M University (1995) tem sido usado para estratégias ótimas de manejo do pastejo (SOUZA-NETO et al., 2001), em parte de estudos bioeconômicos para mudanças climáticas (BUTT et al., 2005) e previsão da produção de forragem (ALHAMAD et al., 2007); além disso, o modelo tem sido amplamente utilizado em sistemas de alerta precoce dos rebanhos no leste da África (STUTH et al., 2003; RYAN 2005; STUTH et al., 2005), Estados Unidos da América (ANGERER, 2008), Mongólia (ANGERER, 2012) e Afeganistão (GLEWS, 2013). Em estudos recentes, foi usado para estimar cargas de material combustível herbáceo morto (HM) na instalação

militar de Fort Hood no Texas (CNRIT, 2013a) e nas florestas nacionais de Lincoln, Coronado, Prescott e Coconino no Novo México e Arizona, EUA (CNRIT, 2013b). No Brasil, o PHYGROW foi utilizado para realizar simulações de estimativa da capacidade de suporte em áreas de Campo Limpo da sub-região da Nhecolândia no Pantanal (EMBRAPA, 2003).

O PHYGROW requer quatro fontes de dados principais para executar a simulação: dados de solo, clima, pastejo e planta. Conseqüentemente, devido à falta de fontes disponíveis para os parâmetros da planta, o maior repositório desses dados é o link do banco de dados para o PHYGROW. Para solos, o sistema foi projetado principalmente para trabalhar com dados da Pesquisa Geográfica do Solo (SSURGO) ou do Estado Geográfico do Solo (STATSGO); no entanto, ele pode usar dados do solo de qualquer fonte, desde que os atributos necessários para executar o modelo sejam fornecidos. As informações de pastejo são geralmente coletadas em campo pelas equipes de pesquisa e inseridas diretamente no banco de dados de parâmetros do modelo. Os dados climáticos podem ser obtidos de várias fontes (CNRIT, 2017).

Utiliza-se principalmente produtos da NOAA, no entanto, pode-se usar dados coletados de estações meteorológicas e outras fontes diversas (CNRIT, 2017). Quando calibrado adequadamente, o PHYGROW pode fornecer estimativas diárias da biomassa herbácea total, da biomassa herbácea morta viva e parada e da umidade do combustível morto vivo.

Este modelo possui um recurso exclusivo para ser iniciado e interrompido em qualquer ponto do processo computacional para permitir total integração com sistemas de aquisição de dados, sistemas de automação e ou outros modelos. Escrito na linguagem de programação C ++, usa um design orientado a objetos para incorporar com eficiência novos relacionamentos científicos quando necessário. Devido a função de iniciar e reiniciar, as simulações podem ser integradas em várias escalas espaciais, explícitas em uma paisagem ou em uma paisagem virtual que representa várias comunidades de plantas e combinações de solo por meio de um modo de execução múltipla espacialmente explícito, que pode ser executado em ambientes automatizados em várias plataformas, na maioria dos ambientes Linux e também pode ser executado como um aplicativo independente nas plataformas Windows 98, 2000, NT e XP (CNRIT, 2013a).

O PHYGROW é baseado no conceito de modelo de eficiência de uso leve (MONTEITH, 1972; MONTEITH, 1977) que simula o crescimento das plantas em condições abaixo do ideal (água não limitante). Mesmo sendo capaz realizar um balanço hídrico como parte de seu processo de simulação; o modelo serve principalmente como modelo de simulação de crescimento de planta, simula tanto o crescimento das plantas quanto o pastoreio pelo gado. No processo de simulação, o modelo compromete o crescimento da planta com base no tamanho do estresse hídrico (calculado com base no balanço hídrico) e estresse térmico (com base na tolerância à temperatura de crescimento das espécies) e as necessidades dos animais em pastejo (consumo de ração kg/ha), se houver animais na área, sendo afetados pelas variáveis de entrada do clima e parâmetros de manejo da pastagem.

O modelo é capaz de simular o crescimento de várias espécies de plantas. O modelo é projetado para se integrar com vários bancos de dados climáticos, bancos de dados de vegetação e bases de regras, e fornecer saída para várias fontes e formatos de dados, incluindo todos os bancos de dados relacionais, formatos de arquivo netcdf, commas separados e delimitados por tabulações formatos de arquivo e links para outros modelos e a Internet usando aplicativos da Web Python, Perl e Java (CNRIT, 2017).

O PHYGROW contém um sub-modelo seletivo de pastejo e taxa de lotação que permite que a biomassa seja seletivamente pastejada por múltiplos tipos / classes de gado com diferentes exigências de forragem e preferências de forragem (QUIRK e STUTH, 1995; STUTH et al., 2003), fornecendo assim uma contabilidade da forragem disponível por pastejo. Através de parâmetros para informações de superfície e camada do solo, espécies de plantas e dados da comunidade, gestão de pastoreio de gado e taxas de lotação, o modelo é impulsionado por dados climáticos diários (STUTH et al., 2003).

O modelo consegue discriminar as preferências de pastejo entre espécies da área, que serão simuladas, no entanto, espécies invasivas como a *Prosopis juliflora* não deve ser alocada para biomassa para uso pela pecuária que não pastoreie esta espécie (JAMA et al., 2008). Cada local deve ser parametrizado usando espécies de plantas, dados de solo, informações de manejo de pastejo e clima da área de estudo.

2.5 Método de Monte Carlo (SMC)

O método de simulação Monte Carlo (SMC) é um dos métodos mais utilizados na análise de risco, que inclui a geração aleatória de N amostras com base em variáveis aleatórias (FERNANDES, 2005), para que possam ser observadas visualmente as seguintes situações: Matemática Modelo e é possível estimar a probabilidade de sua ocorrência (DAMODARAN, 2012; SAMIS; DAVIS, 2014).

A simulação de Monte Carlo é um método de teste iterativo de um modelo determinístico, usando números aleatórios como entradas. Este método é mais necessário quando o modelo é não linear, completo ou envolve um número razoável de parâmetros incertos (MONTEIRO, 2020). Desta forma, o método em questão surge como uma solução atrativa podendo ser utilizado para estimar as probabilidades de ocorrência de determinado valor em função da variabilidade de suas variáveis de entrada (SAMIS; DAVIS, 2014).

De modo geral, a simulação é usada para resolver problemas muito complexos de opções reais que envolvem fontes de incertezas múltiplas e interativas (TITMAN et al., 2010). Quando um experimento é realizado, as grandezas numéricas de interesse que são determinadas pelos resultados do experimento são denominadas variáveis aleatórias. Uma variável aleatória, também denominada estocástica, não tem valores previsíveis mas possui função densidade de probabilidade (PDF), função de distribuição cumulativa (CDF), média, variância, entre outras medidas estatísticas (DUNN e SHULTIS, 2012).

Os métodos de simulação são ferramentas dispostas para a tomada de decisão na solução de problemas de várias naturezas, especialmente úteis em casos que envolvem análise de riscos para prognosticar o resultado de uma decisão que envolve incerteza. A aplicação da simulação em problemas gerenciais requer a modelagem em termos matemáticos do sistema a diferentes escolhas da tomada de decisão (AGUIAR et al., 2010).

Através de um processo aleatório diretamente do computador, através de funções específicas, ou por tabelas, são obtidos esses números aleatórios utilizados na simulação. O processo de simulação é replicado até determinar o comportamento característico da variável na qual a decisão se baseia. Esse método é aplicado quando é comum aparecer problemas de análise de riscos

em empresas, procedimento de estoque, fluxo de produção, e em rotinas de manutenção de máquinas (AGUIAR et al., 2010).

Atualmente, devido aos recursos de softwares, os métodos de simulação são geralmente usados em diversas áreas, tanto para simulações em ambientes físicos como problemas matemáticos (RODRIGUES et al., 2010). Embora seja escassa na literatura, a simulação de riscos pelo método de Monte Carlo voltada à produção e gerenciamento de forragem se enquadra no estudo devido à variabilidade climática encontrada na região semiárida, dificultando a produção de forragem nos períodos secos, simulando assim fenômenos probabilísticos por meio da geração de números e a probabilidade de determinado valor esperado.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G.; ALVES, C. C.; HENNING, E. Gerenciamento de projetos: simulação de monte carlo via a ferramenta simular. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, 30., 2010. **Anais ...** São Carlos: ENEGEP, 2010.

ALHAMAD, M. N.; STUTH, J. W.; VANNUCCI, M. Biophysical modelling and NDVI time series to project near-term forage supply: spectral analysis aided by wavelet denoising and ARIMA modelling. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, p. 2513–2548, 2007.

ALONSO, M. F.; CORWIN, D.; OSTER, J.; MAAS, J. Modeling a Sustainable Salt Tolerant Grass-Livestock Production System under Saline Conditions in the Western San Joaquin Valley of California, **Sustainability**, v. 5, p. 3839-3857, 2013.

ANDRADE, A. P.; COSTA, R. G. SANTOS, E. M.; SILVA, D. S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 4, p. 01-14, 2010.

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

ANGERER, J. P. **Examination of high resolution rainfall products and satellite greenness indices for estimating patch and landscape forage biomass**. Department of Ecosystem Science and Management. College Station, Texas, Texas A&M University. PhD Dissertation. 2008, 129 p.

ANGERER, J. P. Gobi Forage Livestock Early Warning System. *In*: Conducting national feed assessments. COUGHENOUR, M., B. & MAKKAR, H., P., S. (eds.) Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization**, v. 15, p. 115-130, 2012.

ANYAMBA, A.; CHRETIEN, J. P.; SMALL, J.; TUCKER, C.; LINTHICUM, K. Developing global climate anomalies suggest potential disease risks for 2006-2007. **International Journal of Health Geographics**, v. 5, p. 1-8, 2006.

ARAÚJO L. C.; SANTOS, P. M.; RODRIGUEZ, D.; PEZZOPANE, J. R. M. Simulating Guineagrass production: empirical and mechanistic approaches. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 61–69, 2013.

ARAÚJO, D. K.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; ÉDER-SILVA, E. Uso de espécies da caatinga na alimentação de rebanhos no município de São João do Cariri – PB. **Revista O Espaço Geográfico em Análise RA'EGA**, v. 20, p. 157-171, 2010.

ARAÚJO, D. L. C.; OLIVEIRA, M. E.; LOPES, J. B.; ALVES, A. A.; RODRIGUES, M. M.; MOURA, R. L.; FILHO, M. A. M. Desempenho e comportamento de caprinos em pastagem de capim *Andropogon* sob diferentes ofertas de forragem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 2301-2316, 2015.

BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; PERAZZO, A. F.; SILVA, A. P. G.; RAMOS, J. P. F.; PEREIRA, G. A. Fenos de

capim-buffel amonizados com ureia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 561-569, 2014.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G. **Simulation of crop growth: CROPGRO model**. In: R.M. Peart and R.B. Curry (ed.) *Agricultural systems modeling and simulation*. Marcel Dekker, p. 651-692, 1998.

BUTT, T. A.; MC CARL, B. A.; ANGERER, J. P.; STUTH, J. W. The economic and food security implications of climate change in Mali. **Climatic Change**, v. 68, p. 355–378, 2005.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; VICENTE, S. L. A.; MACEDO, A.; MATIAS, A. G. S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n. 2, p. 5004-5013, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 256 p.

CENTER FOR NATURAL RESOURCE INFORMATION TECHNOLOGY (CNRIT). **Fort Hood BRASS**. 2013a. Disponível em: <http://cnrit.tamu.edu/fh-brass>. Acesso em: 13 de julho 2019.

CENTER FOR NATURAL RESOURCE INFORMATION TECHNOLOGY (CNRIT). **Texas A & M University**. 2017. Disponível em: <https://cnrit.tamu.edu/index.php/phygrows/>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

CENTER FOR NATURAL RESOURCE INFORMATION TECHNOLOGY (CNRIT). **US Forest Service BRASS**. 2013b. Disponível em: <http://cnrit.tamu.edu/fs-brass>. Acesso em: 13 de julho 2019.

COSTA, J. V.; OLIVEIRA, M. E.; MOURA, R. M. A. S.; JÚNIOR, M. J. N. C.; RODRIGUES, M. M. Comportamento em pastejo e ingestivo de caprinos em

sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 865-872, 2015.

DAMODARAN, A. **Investment Valuation: tools and techniques for determining the value of any asset**. 3. ed. Nova York: John Wiley and Sons, 2012. 992 p.

DOURADO-NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J. A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: I. uses of mathematical models in agricultural Science. **Scientia Agricola**, v. 55, p. 46-50, 1998.

DUNN, W. L.; SHULTIS, J. K. **Exploring Monte Carlo Methods**. San Diego, CA: Elsevier, 2012. 398 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Simulações de estimativa da capacidade de suporte das áreas de campo limpo da Sub-região da Nhecolândia, Pantanal / SANTOS, A.S.; et al.**; Corumbá: Embrapa Pantanal, p. 22, 2003.

FERNANDES, C. A. **Gerenciamento de Riscos em projetos: como usar o Microsoft excel para realizar a simulação de Monte Carlo**. Net, 2005.

Disponível em:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_120_783_17492.pdf.

Acesso em: 20 de maio de 2020.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A. OLIVEIRA, N. S.; SOARES, D. C.; BAKKE, O. A. Forage supply in thinned Caatinga enriched with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) grazed by goats and sheep. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v. 34, n. 2, p. 189-195, 2012.

GIATTI, L. L.; JACOBI, P. R.; FAVARO, A. K. M. I.; EMPINOTTI, V. L. O nexa água, energia e alimentos no contexto da Metr pole Paulista. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 43–61, 2016.

GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F.; SALVIANO, A.; GAVA, C. A. T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1233-1253, 2012.

GLOBAL LIVESTOCK EARLY WARNING SYSTEM (GLEWS). **GLEWS home page**. 2013. Disponível em: <http://glews.tamu.edu>. Acesso em: 21 de agosto 2019.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO (IPA). **Capim Buffel**. (orgs.) JÚNIOR, I. S. O. & SILVA, V. M. 2008. Disponível em: <http://www.ipa.br/resp33.php>. Acesso em: 19 de novembro de 2019.

JAMA, A.; KAITHO, R.; WU, J.; MACOPIYO, L. A new toolkit for monitoring and forecasting forage supply in the grazing lands of eastern Africa. *In*: LEE, C., SCHAAF, T. (eds.), **The Future of Drylands**. Springer, Dordrecht, p. 349–358, 2008.

KOMAREK, A. M.; MCDONALD, C.; BELL, L. W.; WHISH, J. Whole-farm effects of livestock intensification in smallholder systems in Gansu, China. **Agricultural Systems**, v. 109, p. 16–24, 2012.

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. BOOTE, K. J.; PEDREIRA, B. C.; MORENO, L. S. B.; ALDERMAN, P. D. Predicting growth of *Panicum maximum*: an adaptation of the CROPGRO - perennial forage model. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 3, p. 600–611, 2012.

LECERF, R.; CEGLAR, A.; LÓPEZ-LOZANO, R.; VAN DER VELDE, M.; BARUTH, B. Assessing the information in crop model and meteorological indicators to forecast crop yield over Europe. **Agricultural Systems**, v. 168, p. 191-202, 2019.

LEHNER, B.; DOLL, P.; ALCAMO, J.; HENRICH, T.; KASPAR, F. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. **Climatic Change**, v. 75, p. 273–299, 2006.

LISSE, S. N.; INMAN-BAMBER, N. G.; ROBERTSON, M. J.; KEATING, B. A. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2/3, p. 321-335, 2005.

LUNA, A. A.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B.; NETO, J. V. E.; ARAÚJO, I. M. M.; OLIVEIRA, L. E. C. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras, sob rebrota. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1803-1810, 2014.

MAGRIN, G.; MARENGO, J. A.; BOULANGER, J. P. **Central and South America**. In: BARROS, V.R. et al. (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

MAIA, L. A.; GURGEL, P. N. C. T. Um olhar sobre a utilização de plantas forrageiras da caatinga como estratégia de convivência com a seca no Alto-Oeste Potiguar. **GEO Temas Pau dos Ferros**, v. 3, n. 1, p. 31-43, 2013.

MARSHALL, V. M.; LEWIS, M. M.; OSTENDORF, B. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review. **Journal of Arid Environments**, v. 78, n. 1, p. 1-12, 2012.

MARTIN, T. G.; MURPHY, H.; LIEDLOFF, A. C.; THOMAS, C. R. Buffel grass and climate change: a framework for projecting invasive species distributions when data are scarce. **Biological Invasions**, v. 17, n. 11, p. 3197-3210, 2015.

MONTEIRO, A. M. **Estudo da variabilidade de custos em orçamentos de obras residenciais utilizando o método de Monte Carlo**. 2020. 89 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo – SP, 2020.

MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, R. H. P. Elephant grass silage additives with alternative products. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, n. 33, p. 347-352, 2011.

MONTIETH, J. L. Climate and efficiency of crop production in Britian. **Biological Sciences**, v. 281, p. 277–294, 1977.

MONTIETH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, v. 9, p. 747–766, 1972.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, G. G. Potencial de produção de capim-buffel na época seca no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, v. 20, p. 22-29, 2007.

MOREIRA, J. A. S.; FAGUNDES, J. L.; MISTURA, C.; LEMOS, N. L. S.; MOREIRA, J. N.; BACKES, A. A.; MORAIS, J. A. S.; OLIVEIRA, V. S.; MOREIRA, A. L. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de acessos de capim-buffel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 391-400, 2015.

OLIVEIRA, M. C. **O capim Buffel nas regiões secas do Nordeste**. In: SILVA, C. M. M. S.; FARIA, C. M. B.; Variação estacional de nutrientes e valor nutritivo em plantas forrageiras tropicais. CPATSA / EMBRAPA Circular técnica, n. 5, p. 1-19, 1981.

OLIVEIRA, F. L. **Caracterização da caatinga e comportamento ingestivo de caprinos**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe (UFSE), São Cristóvão – SE, 2018.

OLIVEIRA, M. C. **Capim buffel: produção e manejo nas regiões secas do Nordeste**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 27).

OLIVER, D. M.; FISH, R. D.; WINTER, M.; HODGSON, C. J. Valuing local knowledge as a source of expert data: farmer engagement and the design of decision support systems. **Environmental Modelling and Software**, v. 36, p. 76–85, 2012.

OVERMAN, A. R.; ANGLE, E. A.; WILKINSON, S. R. A phenomenological model of coastal bermudagrass production. **Agricultural Systems**. v. 29, p. 137–148, 1989.

OVERMAN, A. R.; ANGLE, E. A.; WILKINSON, S. R. Empirical model of coastal bermuda grass production. **Transactions of the ASAE**, v. 31, p. 466–470, 1988.

PAREYN, F. G. C. **A importância da produção não-madeireira na Caatinga**. In: GARIGLIO, M. A.; et al. (orgs.) *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro. p. 131-144, 2010.

PEDREIRA, B. C.; LARA, M.; ALDERMAN, P. D.; BOOTE, K. J. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops Research**, v. 120, p. 370–379, 2011.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M.; CÉSAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 77-90, 2013.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. **Produção de Forragem de espécies herbáceas da caatinga**. In: GARIGLIO, M. A. et al. (orgs.) *Uso sustentável e*

conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro, p. 145-159, 2010.

PEREIRA FILHO, J. M.; CEZAR, M. F.; GONZAGA NETO, S. Utilização racional dos recursos forrageiros da Caatinga. *In: Encontro nacional de produção de caprinos e ovinos. 1.*, 2006. **Anais ...** Campina Grande, ENCAPRI, v. 1, p. 170-188, 2006.

QUIRK, M. F.; STUTH, J. W. Preference-based algorithms for predicting herbivore diet composition. **Annales de Zootechnie**. v. 44, p. 110, 1995.

QURESHI, M. E.; WHITTEN, S. M.; MAINUDDIN, M.; MARVANEK, S.; ELMANDI, A. A biophysical and economic model of agriculture and water in the Murray-Darling Basin, Australia. **Environmental Modelling and Software**, v. 41, p. 98–106, 2013.

RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; COEREIA, A. L. J.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, M. A. Fontes de volumoso em dieta para cabras Anglo Nubiana em lactação: consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 3, p. 1-20, 2017.

RODRIGUES, E. M.; NUNES, V. R.; ADRIANO, N. A. A simulação de monte carlo como instrumento para análise econômica-financeira em investimento de riscos: o caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará. *In: Congresso Brasileiro de Custos, 1.*, 2010, Belo Horizonte, **Anais ...** Belo Horizonte: CBC, 2010.

RYAN, Z. **Establishment and evaluation of a livestock early warning system for Laikipia, Kenya**. Thesis, Texas A&M University, College Station, USA. 2005.

RYMPH, S. J.; BOOTE, K. J.; IRMAK, A.; MISLEVY, P.; EVERS, G. W. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: Developing physiological parameters. **Annual Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 63, p. 37–51, 2004.

SALAZAR-GUTIERREZ, M. R.; HOOK, J. E.; GARCIA, Y.; PAZ, J. Estimating irrigation water use for maize in the Southeastern USA: a modeling approach. **Agricultural Water Management**, v. 107, p. 104–111, 2012.

SAMIS, M.; DAVIS, G. A. Using Monte Carlo simulation with DCF and real options risk pricing techniques to analyse a mine financing proposal. **International Journal of Financial Engineering and Risk Management**, v. 1, n. 3, p. 264-281, 2014.

SANTOS, T. C. P.; ALFARO, C. E. P.; FIGUEIREDO, S. M. Aspectos sanitários e de manejo em criações de caprinos e ovinos na microrregião de Patos, região semiárida da Paraíba, **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 206-212, 2011.

SILVA, L.D.A. Ovinos e caprinos terminados em Caatinga raleada e enriquecida com capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2009.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; GARCIA, R. N.; DIAS, J. L. A.; SILVA, A. M.; PEREIRA, P. A. R. Variabilidade espacial da biomassa da forragem e taxa de lotação animal em pastagem de capim Marandu. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, p. 119-130, 2016.

SILVA, R. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, D. S. Características estruturais do dossel de pastagens de capim-tanzânia mantidas sob três períodos de descanso com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1255-1265, 2007.

SOLER, C. T. **Uso do modelo Ceres-Maize para previsão de safra do milho "safrinha"**. 2004. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo – SP, 2004.

SOUZA-NETO, J.; CONNER, J. R.; STUTH, J. W. Biophysical and economic models for assessing impacts of change on grazingland ecosystems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 135–137, 2001.

STUTH, J. W.; ANGERER, J.; KAITHO, R.; ZANDER, K.; JAMA, A.; HEATH, C.; BUCHER, J.; HAMILTON, W.; CONNER, R.; INDOBY, D. The livestock early warning system (LEWS): blending technology and the human dimension to support grazing decisions. **Arid Lands Newsletter**. p. 53, 2003.

STUTH, J. W.; ANGERER, J.; KATIHO, R.; JAMA, A.; MARAMBII, R. Livestock early warning systems for Africa's rangelands. *In: Monitoring and Predicting Agricultural Drought: a global study* (Eds.) BOKEN, V. K.; CRACKNELL, A. P.; HEATHCOTE, R. L. Oxford University, Press, NY. p. 283-294, 2005.

STUTH, J. W.; SHMITT, D.; ROWAN, R. C.; ANGERER, J.; ZANDER, K. **PHYGROW Users Guide and Technical Documentation**. Texas A&M University. Available from. 2003. Disponível em: http://cnrit.tamu.edu/physite/PHYGROW_userguide.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

TEXAS A & M UNIVERSITY (DEPARTMENT OF RANGELAND ECOLOGY AND MANAGEMENT). **PHYGROW: phytomass growth simulator**. Version 2, model documentation. College Station, v. 95, n. 1, p. 92, 1995.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de projetos e investimentos: valuation**. Tradução: Heloísa Fontoura, revisão técnica: Luiz Educaro T. Brandão. Porto Alegre: Bookman, 2010.

TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de

forragem em pastagens tropicais (Development of forage accumulation prediction models in tropical pastures). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 522–529, 2010.

VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A. M.; ARAÚJO, H. F. P.; OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semiarid caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471-476, 2010.

VIEIRA JÚNIOR, N. A.; SILVA, M. A. A.; CARAMORI, P. H.; NITSCHKE, P. R.; CORRÊA, K. A. B.; ALVES, D. S. Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 403-416, 2019.

VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L.; SOUZA, R. A. **Silagem de capim-buffel: alternativa para a alimentação de ruminantes na região Semiárida**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 34p.

VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R. Concentrate levels for lambs grazing on buffel grass. **Revista ciência agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 216-222, 2011.

XU, J.; BAI, W.; LI, Y.; WANG, H.; YANG, S.; WEI, Z. Modeling rice development and field water balance using AquaCrop model under drying-wetting cycle condition in eastern China. **Agricultural Water Management**, v. 213, p. 289-297, 2019.

CAPITULO 1

SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL ATRAVÉS DO SOFTWARE PHYWEB EM ÁREA DE CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO

SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL ATRAVÉS DO SOFTWARE PHYWEB EM ÁREA DE CAATINGA RALEADA NO SEMIÁRIDO

RESUMO

Sabendo que a ocorrência de seca é uma situação esperada em áreas de caatinga, muitas vezes falta planejamento. Entretanto, para intensificar essa atividade, entender a distribuição produtiva das pastagens nessas áreas se torna essencial para o crescimento dos rebanhos de forma economicamente viável. Objetivou-se simular a série histórica de produção forrageira do capim-buffel em área de caatinga raleada no sertão paraibano. Utilizou-se o software PHYWEB para estimar a produção a partir de parâmetros de solo e clima da área. A produção estimada no software foi comparada por meio de revisão da literatura para calibração e validação a fim de testar a conformidade veracidade da série. Na sequência, realizou-se a análise de correlação Pearson entre os atributos de produção de biomassa, precipitação, temperatura e Índice de Vegetação da diferença Normalizada (NDVI). O PHYWEB respondeu aos objetivos estabelecidos, gerando resultados suficientes para estimar a série histórica da produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada com estrato lenhoso entre 15 e 20%. Pode-se compreender que a produção de forragem do capim-buffel variou entre 27 e 2.967 kg de MS ha⁻¹, com uma produção média anual em foi torno de 990,84 kg de MS ha⁻¹ nos últimos 70 anos. Foi possível observar uma alta quantidade e variabilidade de forragem entre a época das chuvas e seca. A simulação através do PHYWEB foi considerada uma boa técnica para entender a dinâmica produtiva em área de caatinga raleada e assim minimizar o problema sobre as incertezas diante da irregulares hídrica da região.

Palavras-chave: NDVI, pastagem natural, pearson, pluviosidade, phygrow

1 INTRODUÇÃO

A criação de pequenos ruminantes na região semiárida é uma das principais opções econômicas, no entanto, os produtores são em suma maioria dependentes da vegetação nativa para alimentação animal, principalmente durante o período seco, uma vez que a quantidade e a qualidade da forragem disponível aos animais são reduzidas.

Embora o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) venha demonstrando no semiárido brasileiro ser capaz de cumprir um papel preponderante através dos distintos sistemas de produção de forragem utilizada, devido, principalmente, à sua característica resistente diante de climas agressivos (MONÇÃO et al., 2011), a má distribuição das chuvas na região proporciona altos riscos na produção de forragem para alimentação animal mesmo se tratando de forrageiras adaptadas a região.

Sabendo que a ocorrência de seca é uma situação esperada em áreas de caatinga, muitas vezes falta planejamento, não há a prática do orçamento forrageiro por parte dos produtores. Entretanto, para intensificar essa atividade, entender a distribuição produtiva nessas áreas se torna essencial para o crescimento dos rebanhos de forma economicamente viável.

Uma alternativa sobre a complexidade de ordem climática nos sistemas de produção na região é a simulação computacional. Essa técnica possibilita o estudo em curto período de tempo a partir das características locais, criando um ambiente para a geração de séries de produção de forragem, servindo de base para o gerenciamento de pastagens.

A vantagem de simular a série histórica é contribuir para o entendimento da produção forrageira da área em relação ao clima, solo e tempo. Apesar da existência de dados históricos em alguns casos, é comum a falta de dados nas séries, principalmente se tratando em área de caatinga, o que pode ser minimizada a partir do uso de softwares que recebem informações via satélite. Assim, utilizando informações a priori de dados de campo, é possível estimar os parâmetros das distribuições ao longo do tempo para áreas das quais não existe uma quantidade de dados observados.

Para tanto, o estudo foi conduzido com o objetivo de simular a série histórica de produção forrageira do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) em área de caatinga raleada através do software PHYWEB para averiguar sua

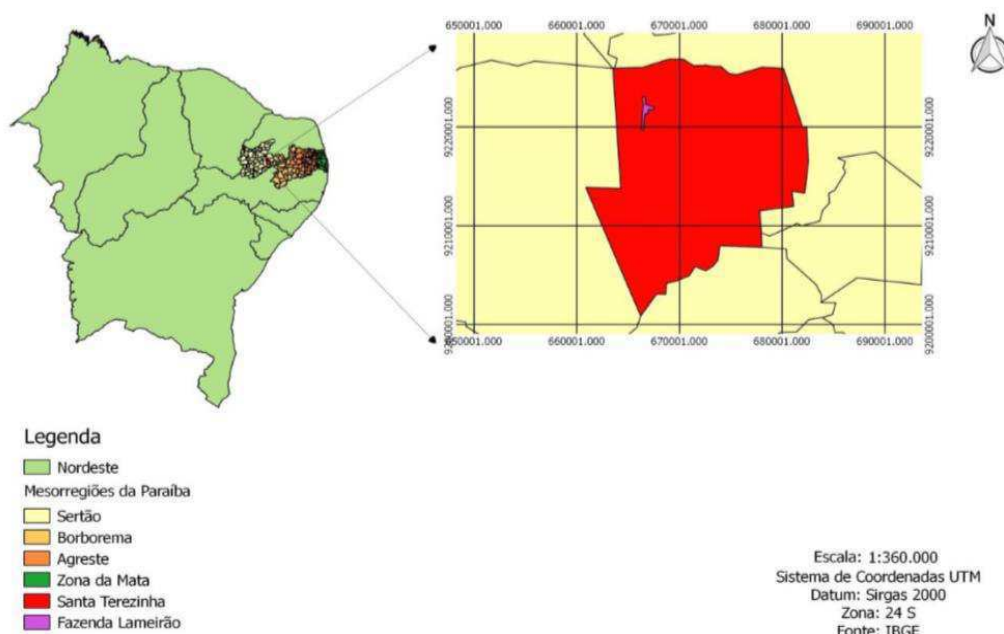
aplicabilidade para entendimento da distribuição alimentar ao longo dos meses na região semiárida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo de campo foi conduzido no bioma caatinga na Fazenda Lameirão, localizada no município de Santa Terezinha, Paraíba, possuindo uma área total de 97,6 hectares. A Fazenda pertence ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina –CSTR/UFCG, na zona fisiográfica do Sertão Paraibano, com sede administrativa no município de Patos, Paraíba. Geograficamente a área experimental para o estudo fica localizada entre as coordenadas 7° 2'49.64"S e 37°29'34.33"O (Figura 1).

Figura 1. Localização da Fazenda Lameirão, Município de Santa Terezinha-PB, Brasil.



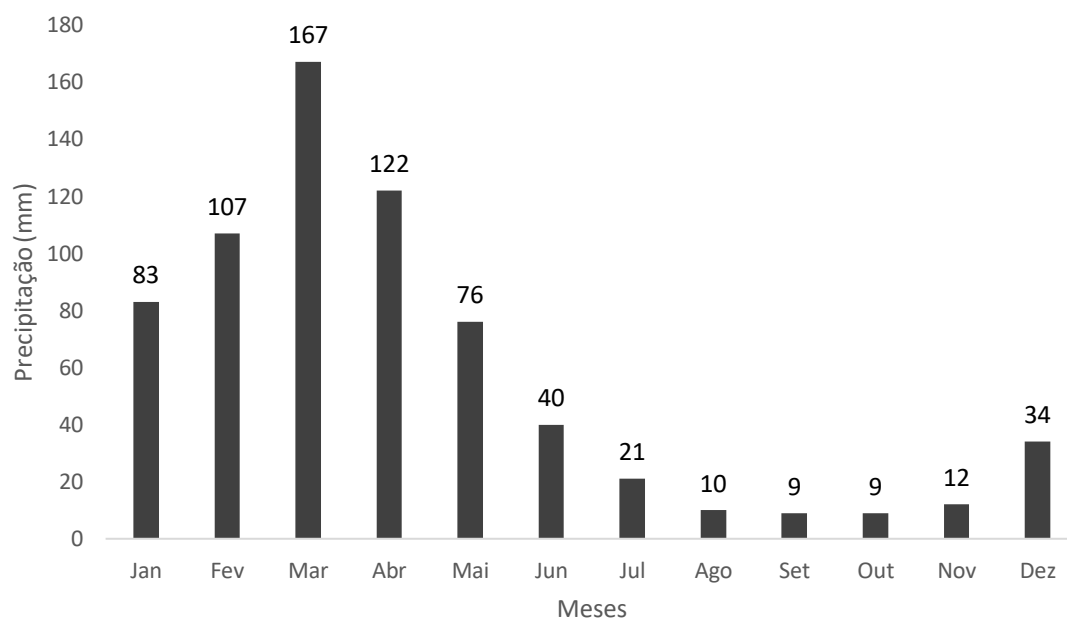
Fonte: Santos (2018) Adaptado de IBGE (2010)

De acordo com a classificação climática de Köppen (1936), o clima nesta área pertence ao tipo BSh – semiárido quente, com baixa umidade relativa e

tempo e espaço irregulares (ALVARES et al., 2014). O histórico do sistema pluviométrico do município de Santa Terezinha é bastante irregular, a precipitação média anual é de cerca de 839,1 mm (1911-1990), concentrando-se de fevereiro a abril, com cerca de 72% da incidência de chuvas no ano (UFCEG, 2017). A estação chuvosa pode ocorrer de janeiro a junho, já a estação seca, ou período de estiagem varia de seis a oito meses, normalmente se caracterizando no início de junho e finalizando em meados de janeiro. De acordo com Santos (2018), choveram 483,0 e 646,8 mm em 2016 e 2017, respectivamente, na Fazenda lameirão, concentrando-se entre os meses de janeiro a abril. A temperatura média anual gira em torno de 28 °C, sendo as máximas e as mínimas de 35 °C e 20 °C, respectivamente (CLIMATEMPO, 2019). A umidade relativa do ar nesta área é em média 60%.

No gráfico 1, são apresentados as médias climatológicas de precipitação pluviométrica no município de Santa Terezinha – PB

Gráfico 1. Média climatológica de precipitação pluviométrica (mm) no município de Santa Terezinha – PB ao longo de 30 anos (Climatempo, 2020).



Fonte: Adaptado de Climatempo (2020)

De acordo com o novo mapa de solos do Brasil (EMBRAPA, 2011), os solos da região são classificados como Luvisolos Crômicos Órticos + Neossolos Litólicos Eutróficos + Planossolos Nátricos Órticos; com presença expressiva dos

Luvissolos (EMBRAPA, 2013); onde se apresentam misturados irregularmente ou associados às condições de relevo.

A vegetação está distribuída em três estratos distintos, arbóreo, arbustivo e herbáceo, apresentando uma vegetação lenhosa em processo de sucessão secundária. Nessa área foi implementado o manejo silvipastoril no ano de 2016 (Figura 2), com a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), sendo submetida ao rebaixamento (corte raso), e a catingueira (*Poincianella bracteosa*) e marmeleiro (*Croton sonderianus*) ao raleamento (corte seletivo), adaptando-se a metodologia descrita por Araújo filho (2013), mantendo 20% do solo coberto por espécies lenhosas. As espécies consideradas em processo de extinção foram obrigatoriamente preservadas (ALENCAR, 2019).

Figura 2. Vegetação raleada e enriquecida com capim-buffel da área experimental



Fonte: Dados da pesquisa

Segundo Soares (2017), existem gramíneas (milhões) (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum* sp.), Capim Roça (*Digitária* sp.), Capim-rabo-de-raposa (*Setária* sp.) E capimпанasco (*Aristida setifolia* H. B. K.) nos estratos herbáceos. Entre as leguminosas, há pastagens (*Senna reticulata* (Willd.) HS Irwin & Barneby), erva de ovelha (*Stylozanthos* sp.), malícia (*Mimosa pudica* L.) e carrapicho (*Desmodium barbatum* (L.) Benth), fava branca (*Centrosema brasilianum* (L.) Benth), amendoim forrageiro (*Arachis* sp.) e feijão de rola (*Macroptilium lathioides* (L.) Urb.). Também dignas de nota são outras dicotiledôneas como alfazema brava (*Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze),

malva branca (*Sida cordifolia* L.), malva preta (*Sida micrantha* L.), jitirana lisa (*Ipomoea glabra* Choisy), jitirana peluda (*Jacquemontia asarifolia* L. B. Smith), azulão (*Centratherum* sp.), manda pulão (*Croton* sp.).

2.2 Simulação de estimativa de produção do Capim-buffel no PHYWEB

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir do PHYWEB, que é uma ferramenta de validação de vegetação on-line que compara os resultados das transações com os bancos de dados PHYGROW mantidos pela Texas A & M. O PHYWEB não usa nenhum coeficiente fixo otimizado de banco de dados meteorológico específico; portanto, pode ser aplicado a qualquer local, desde que haja informações suficientes para parametrizar seu código (TEXAS A & M UNIVERSITY, 1995).

O software possui um banco de dados contendo informações relacionadas às condições ecológicas de todo o planeta, da área a ser analisada, como: dados históricos de pluviosidade, características do solo, temperatura máxima e mínima, bem como informações fisiológicas de uma variedade de plantas. Assim, o sistema utiliza as características gerais da região, para simular a produção forrageira da planta.

No PHYWEB o subcomponente da planta possui 47 parâmetros que podem ser parametrizados para espécies individuais ou grupos funcionais. Para o estudo, foram utilizados apenas os dados de produção de forragem.

Os dados foram inseridos no programa PHYWEB, no qual foi estimada uma série histórica da produção de biomassa vegetal no sítio ecológico entre janeiro de 1950 a maio de 2020. Para a simulação da série histórica, foram utilizados dados de linha de base do período 2009–2019.

O crescimento de forragem é determinado pela umidade do solo modelada a partir dos horizontes do solo (camada) em relação à distribuição das raízes e temperatura efetiva das plantas.

2.3 Parametrização, calibração e validação do modelo no PHYWEB

A simulação seguiu um processo de três etapas para garantir a melhor configuração possível do modelo, sendo elas: parametrização, calibração e validação.

Parametrização: Refere-se ao processo de fornecimento do modelo com parâmetros de entrada locais que foram medidos ou registrados diretamente (variáveis climáticas, propriedades físicas e químicas do solo características, imposições de gestão).

Calibração: Refere-se à implementação de outros parâmetros do sistema que não podem ser medidos diretamente ou cujos valores possuem maior incerteza, necessário ajuste iterativo ou calibração.

Validação: Esta etapa é essencialmente, um processo para verificar a acurácia do modelo após a calibração e parametrização dos passos anteriores.

Para parametrizar os componentes de solo da área de estudo foi utilizado o banco de dados de solos do Brasil elaborado pela Embrapa. A classificação textural foi utilizada para estimar os parâmetros de solo necessários para uso no modelo PHYWEB.

O procedimento para calibração do PHYWEB envolveu a simulação da produção de biomassa vegetal e comparação da saída da biomassa vegetal modelada de acordo com a literatura no sítio ecológico em estudo referente aos meses de setembro e outubro de 2009 conforme Silva et al. (2009) e para o mês de maio de 2010 de acordo com Soares et al. (2012) que foram inseridas como variáveis no modelo.

O procedimento de calibração desses parâmetros ocorreu de maneira a minimizar os desvios, se aproximando da realidade para serem simulados. O ajuste dos parâmetros foi realizado por calibração manual.

A validação do modelo seguiu a partir dos dados simulados e comparados com os observados em campo sem que houvesse a alteração drástica na produção, estabelecendo variações consideráveis pelo software em um intervalo de confiança de ± 200 kg de MS ha⁻¹ para valores acima e abaixo dos resultados de campo.

2.4 Performance do modelo

A acurácia e verificação do desempenho do modelo em relação aos dados de saída para a calibração e validação foi realizada através de comparações entre resultados simulados e observados. Na sequência, realizou-se a análise de correlação de Pearson entre os atributos de produção de biomassa,

precipitação, temperatura e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

O NDVI foi estimado com base no Sistema de Análise da Vegetação Temporal (SATVEG), ferramenta desenvolvida pela Embrapa para acessar e visualizar a distribuição temporal e espacial dos índices vegetais.

O SATVeg é atualizado regularmente para acessar e visualizar o mapa de distribuição de tempo dos índices vegetativos NDVI e EVI derivados de imagens de satélite geradas pelo sensor MODIS em qualquer lugar da América do Sul. De acordo com as imagens fornecidas pelo LP-DAAC / EOS-NASA, o SATVeg fornece aos usuários uma interface do Google para localização da área de interesse, ferramentas para filtrar séries temporais, módulos para carregar arquivos vetoriais e outras funções que permitem observar o comportamento da vegetação na superfície terrestre ao longo do tempo, oferecendo apoio a atividades de monitoramento agrícola e ambiental (EMBRAPA, 2014-2021).

Dados de precipitação e temperatura foram retirados a partir de dados históricos do site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), órgão gestor dos recursos hídricos do estado. Essas informações tiveram 2009 como ano base.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão de literatura e estimativa no PHYWEB, encontrou-se que nos dias 01 de setembro e 01 de outubro de 2009 a produção de biomassa do capim-buffel observada foi de 1.091,3 kg de MS ha⁻¹ e 682,5 kg de MS ha⁻¹ (SILVA et al., 2009), e para o dia 01 de maio de 2010, foi observada uma produção de 1.455,98 kg de MS ha⁻¹ (SOARES et al., 2012), enquanto que os dados estimados no software para as mesmas datas foram 963,9 kg de MS ha⁻¹, 632,4 kg de MS ha⁻¹ e 1.387,7 kg de MS ha⁻¹ respectivamente. Vale ressaltar que o software valida dados fazendo uma média em um intervalo de 10 dias. Nesse sentido, o software validou para essas datas os valores de 969,3 kg de MS ha⁻¹, 637,7 kg de MS ha⁻¹ e 1388,7 kg de MS ha⁻¹ respectivamente (Tabela 1).

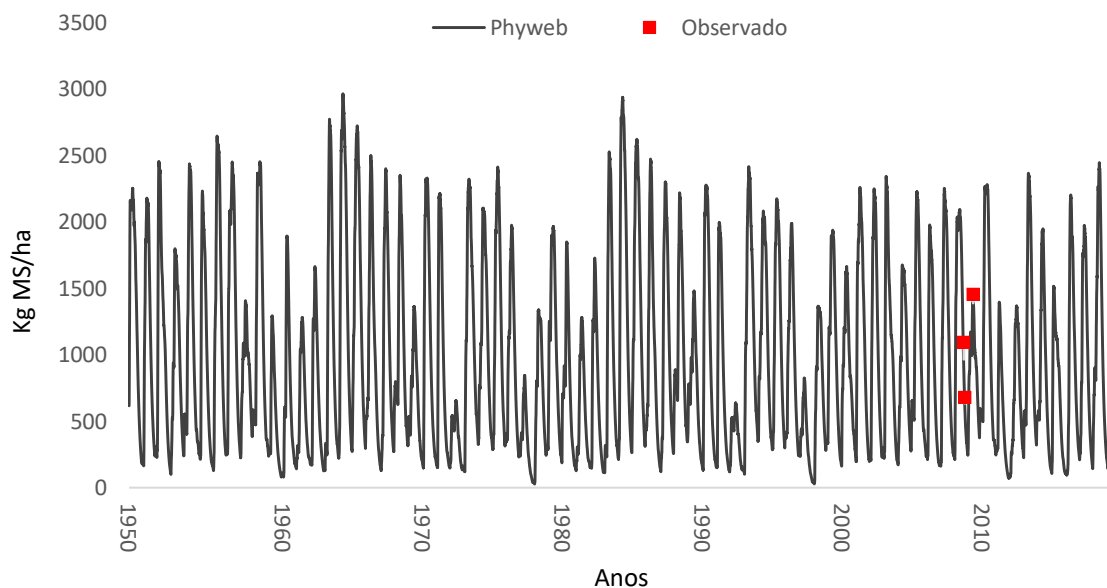
Tabela 1. Valores de produção do capim-buffel observados, estimados e validados no software

Época/ano	Observado	Estimados	Validados
Setembro/2009	1.091,3	963,9	969,3
Outubro/2009	682,5	632,4	637,7
Mai/2010	1.455,9	1.387,7	1.388,7

Fonte: Feitosa (2021)

A partir desses dados gerou-se a série histórica de produção forrageira do capim-buffel na área experimental conforme o gráfico 2.

Gráfico 2. Série histórica da produção de forragem (kg de MS/ha) do capim-buffel na área experimental estimada no PHYWEB (1950 – 2020).



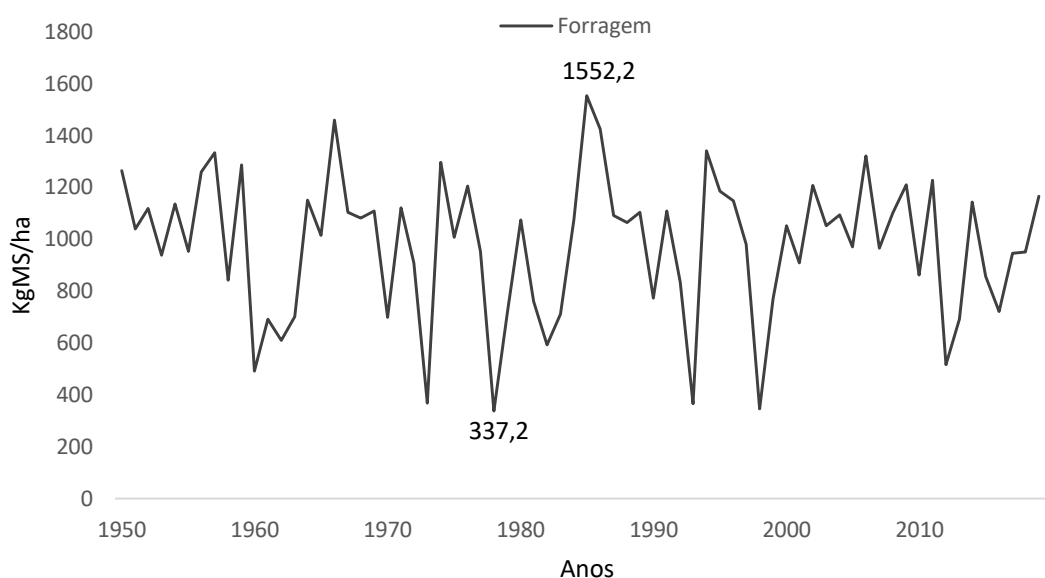
Fonte: Feitosa (2021)

Observa-se que a produção de forragem na área experimental ao longo de 70 anos variou entre 27 kg de MS ha⁻¹ em dezembro de 1978 sendo a mínima produção de forragem verificada e a máxima com um valor de 2.967 kg de MS ha⁻¹ em abril de 2020. Esse último dado mostra que nos primeiros meses de 2020 foi uma época considerável para a produção do capim-buffel, atentando que o potencial de produção de matéria seca tendeu a ser superiores aos 3.000

kg de MS ha⁻¹, quando adicionada partes forrageiras de plantas lenhosas, folhas e ramos de espécies de herbáceas como relatados por Pereira Filho et al. (2013).

Para um melhor entendimento produtivo da área nesse período, buscou-se entender a produção média de forragem na área ao longo do tempo conforme o gráfico 3.

Gráfico 3. Produção média anual do capim-buffel (kg de MS/ha) na área experimental (1950 – 2020).



Fonte: Feitosa (2021)

Observa-se que a menor média de produção do capim-buffel na área foi em 1978 com 337 kg de MS ha⁻¹ e a máxima de 1.552 kg de MS ha⁻¹ em 1985. Sabendo que a disponibilidade de forragem na região semiárida é sensível às flutuações anuais de pluviosidade. Neste caso, provavelmente em virtude das condições de pluviosidade na área de estudo é possível destacar o decréscimo de 72% em kg de MS ha⁻¹ na produção do capim-buffel entre 1976 e 1978 e o aumento de 219% em Kg de MS ha⁻¹ entre 1983 e 1985 respectivamente, atentando a grande variação produtiva ano a ano na região.

É importante ressaltar que a grande variação da produção do capim-buffel ano a ano pode ser influenciada tanto pela distribuição do período chuvoso devido a sua forma e intensidade, bem como pela ação antrópica sobre o uso

dos recursos forrageiros. Oliveira (1981) afirmou que a produtividade das diversas variedades de capim-buffel é muito variável e isto está associada à maior ou menor adaptação às condições locais.

Na maioria dos anos observou-se uma média anual de capim-buffel superior a 800 kg de MS ha⁻¹ com uma produção média anual em torno de 990,84 kg de MS ha⁻¹ entre 1950 e 2020. Sabendo disso, é necessário utilizar ações de estoque de forragem para os períodos de menor incidência alimentar na região, possibilitando trabalhar com um percentual de retirada ou vedação de forragem a partir desse valor, visto que, normalmente, a maior disponibilidade de forragem ocorre na estação chuvosa e à medida que se caracteriza o período de estiagem, decresce a produção de forragem.

Para o ano de 2020 só no primeiro semestre estimou-se uma produção média de 1.940 kg de MS ha⁻¹, esse valor mostra que há uma tendência de aumento na produção de forragem do capim-buffel no respectivo ano. Nesse sentido, ao analisar a estrutura da pastagem e o comportamento alimentar de ruminantes em pastejo, Carvalho (1997) relatou que mais trabalhos são necessários para compreender melhor a relação entre a oferta de forragem (OF) e o comportamento alimentar dos animais, incluindo sua seletividade.

Ainda que o trabalho focalize na produção de capim-buffel em área de caatinga raleada, é necessário destacar que a vegetação nativa não deve ser tratada de forma isolada para o conhecimento potencial pastoril da área por meio de sua utilização racional na alimentação animal, onde o sobrepastejo pode ocasionar a degradação desta.

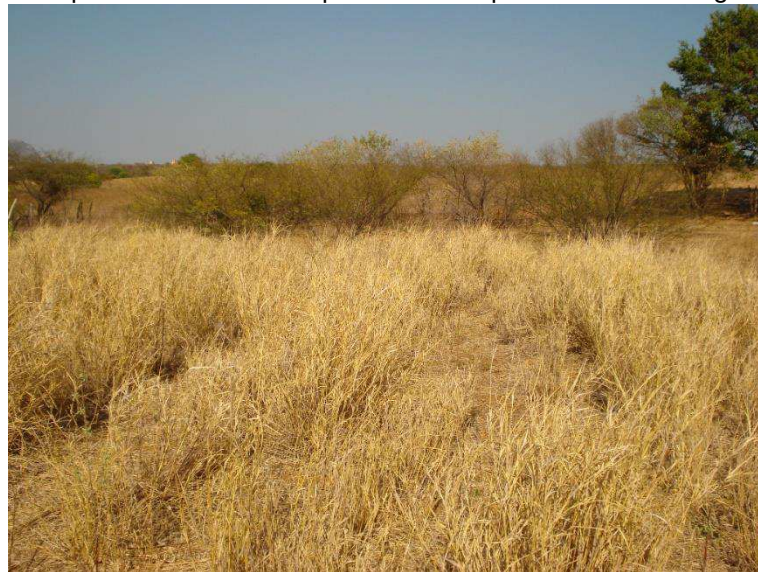
Nesse ambiente, é importante avaliar o consumo quantitativo e qualitativo em diferentes épocas do ano, o que ajudará a entender a realidade das mudanças nas plantas para reduzir a desertificação causada pelo sobrepastoreio. A estratégia é determinada, especialmente durante o período de seca, quando o abastecimento de ração e alimentos das pastagens locais é baixo (ARAUJO, 2015).

Estudar a produção de forragem no semiárido, utilizando diferentes métodos e conceitos para descrever a variação anual no clima, além de encontrar respostas para as possíveis baixas na produção, também ajudam a aprofundar o conhecimento da dinâmica climática regional e local. Ramirez et al. (1995) ao observarem o desempenho de cordeiros em pastagem de capim buffel

em Marín estado de Nuevo Leon no México, região caracterizada por um clima com média anual de 23°C e cerca de 500 mm de precipitação, comentaram que a biomassa de forragem em pastagens no semiárido varia muito em função do clima, propiciando uma nutrição de qualidade variável para os animais, além do capim-buffel ter sua composição e qualidade bastante alterada durante o inverno, se comparadas àquela observada durante o verão.

De fato, a precipitação é distribuída de forma desigual ao longo do ano. Na região, observa-se grande concentração de chuva em poucos meses do ano, em um período que varia de 3 a 4 meses, com irregularidades espaço-temporal. Essa concentração se torna mais evidente à medida em que os pastos estão altamente produtivos no período das águas e da diminuição de pastagem nos demais meses do ano (época seca) em virtude da redução na disponibilidade de água (Figura 3).

Figura 3. Capim-buffel na área experimental no período seco da região



Fonte: Dados da pesquisa

Outro ponto importante é que no pasto da caatinga, a disponibilidade de forragem está associada às variações sazonais, regidas principalmente pela precipitação. No período chuvoso na Caatinga estas pastagens contêm plantas herbáceas, arbustivo e espécies arbóreas, que apresentam características nutricionais adequadas à alimentação animal (CARVALHO, 2019). No entanto, durante o período seco, o déficit hídrico influencia de forma significativa a oferta da forragem, principalmente do componente herbáceo, que praticamente

desaparece, reduzindo a capacidade de suporte das pastagens (MARTINELE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015).

Assim, o grande entrave dos sistemas de produção animal na Caatinga é a baixa disponibilidade e o desequilíbrio dos nutrientes nesses recursos alimentares no período de estiagem, quando há necessidade de fornecimento de suplementos aos animais (CORDÃO et al., 2014).

Na área experimental, entre os meses de janeiro a agosto de 2009 na área choveu cerca de 1.395,9 mm (MOTTA, 2009). A partir desses resultados, pode-se observar que a pluviosidade nesse período citado pôde aumentar a oferta de forragem do capim-buffel na primeira semana do mês de setembro do respectivo ano com 969,3 kg de MS ha⁻¹ estimado pelo software. Enquanto que no ano de 2010, no mês de maio choveu cerca de 11,3 mm (EMATER, 2010), onde a produção do capim-buffel girou em torno de 1.388,7 kg de MS ha⁻¹ para primeira semana de maio. A explicação para essa produção pode estar relacionada a precipitação do mês anterior com cerca de 188,2 mm acumulando umidade e gerando crescimento e ganho para o mês subsequente. Formiga et al. (2011) ao observarem a oferta de forragem do capim-buffel na mesma área pastejada por ovinos e caprinos, verificou que a disponibilidade de forragem do capim-buffel não foi afetada entre junho e outubro.

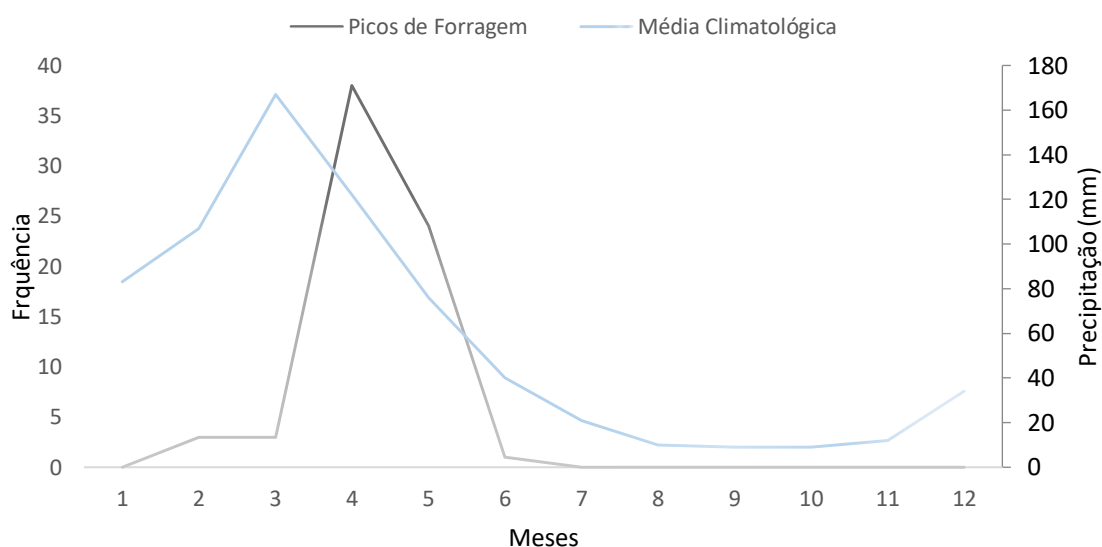
Em geral, as respostas da planta a múltiplos estresses são principalmente determinados pelo estresse mais grave (estressor dominante) (PANDEY et al., 2015). No entanto, depende muito da idade da planta, do genótipo, da susceptibilidade ao estresse ou comportamento de tolerância da planta, e da gravidade de vários fatores envolvidos com estresse abiótico (SILVA et al., 2010). Alguns autores ressaltaram a necessidade de desenvolver lavouras com melhor desempenho e resiliência à combinação de estresse abiótico e destacaram a complexa interação entre seca e estresse térmico (FELLER e VASEVA, 2014; PANDEY et al., 2015).

Quando considerada a produtividade de forragem, geralmente se avalia a produção de forma fracionada para cada estrato, pois se trata de fontes de material pastejável que apresenta distribuição e qualidade associada principalmente aos fatores ambientais. Formiga et al. (2012) na mesma área deste estudo, observaram redução na produção de forragem de 3.397 kg de MS ha⁻¹ no período chuvoso para a 1.413 kg de MS ha⁻¹ no período seco,

evidenciando o efeito dos fatores climáticos sobre a produção de forragem na caatinga, especialmente o nível e a distribuição das chuvas. Enquanto que Mota et al. (2018) ao compararem a produção de carne de cordeiros e cabritos alimentados em vegetação nativa de Caatinga enriquecida com capim-buffel, observaram uma produtividade média 1.388,1 kg de MS ha⁻¹.

Para facilitar à interpretação dos resultados, buscou-se observar os períodos que mais produzem forragem para o rebanho nesse período conforme o gráfico 4.

Gráfico 4. Distribuição de picos forrageiros do capim-buffel ao longo do ano na área experimental entre 1950-2020.



Fonte: Feitosa (2021)

Observa-se no gráfico que a maior distribuição forrageira concentra-se entre fevereiro e junho. A quantidade da forragem do capim-buffel diminuiu significativamente ao longo dos meses. É possível verificar que o mês de abril e maio apresenta a maior concentração na produção de forragem. Os meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro apresentam as menores concentrações, que correspondem ao período seco da região.

Desse modo, o planejamento alimentar do rebanho é fator crucial e deve ser ajustado a partir dos meses de maior disponibilidade alimentar do pasto, ou seja, durante o período chuvoso quando há um aumento na produção forrageira é possível planejar a alimentação dos animais para o período de menor

incidência de alimentos, permitindo o acúmulo de grande massa de forragem para os períodos mais secos, onde a amplitude observada na disponibilidade do componente forrageiro em cada mês é muito pequena.

Embora esse planejamento programado do meio para o fim do período das águas, como forma de garantir forragem para ser pastejada no período seco, o valor nutricional das plantas da caatinga varia, principalmente em relação à estação (chuvosa e seca), tipo de caatinga, oferta de forragem, densidade de plantas, métodos de manejo e avaliação, pluviosidade e heterogeneidade da vegetação (YDOYAGA-SANTANA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015)

Assim, para a eficiência no uso da caatinga, o conhecimento das espécies preferidas pelos animais, seu valor nutritivo, o consumo e a relação solo-planta-animal são essenciais para desenvolver a estratégia de manejos mais produtivos e sustentáveis (OLIVEIRA et al., 2016).

Segundo Moreno García et al. (2014) a má gestão da exploração pecuária, em especial o sobrepastejo, tem sido apontada como uma das principais causas da degradação das pastagens e da desertificação em ambientes áridos e semiáridos do mundo.

Nesse enfoque, a escolha da espécie adequada a ser utilizada é fundamental, uma vez que essa espécie deve apresentar bom potencial de crescimento e capacidade de manter o valor nutritivo durante o período de seca. A implantação do capim-buffel associada ao manejo integrado com a caatinga como na área experimental, tende a aproveitar sua potencialidade como complemento da pastagem nativa para proporcionar manutenção da diversidade florística e do pasto, bem como do desempenho animal quando usado estrategicamente na época seca como complemento ao uso da vegetação nativa.

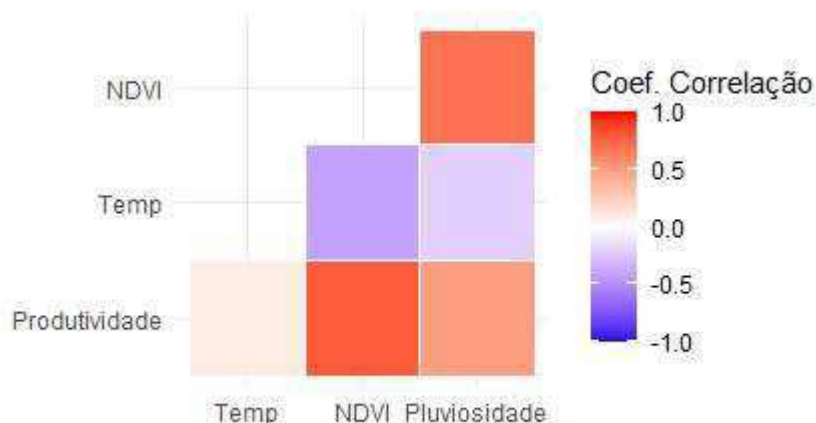
De acordo com estudos sobre a caracterização do pasto de capim-buffel diferido e do potencial de produção de capim-buffel durante o período seco no sertão de Pernambuco Santos et al. (2005) e Moreira (2007), relataram que o teor proteico e de FDN do capim-buffel no período das águas constituem uma ótima fonte proteica para os animais.

Portanto, é coerente planejar do pastejo ou a retirada de alimentos para o animal nessas regiões, observando a melhor época de retirada e conservação, para que a manutenção do pasto ocorra durante dos doze meses do ano. De

acordo com Santos et al. (2013), fatores climáticos como baixa pluviosidade ou altas temperaturas, reduzem a germinação desta espécie, reduzindo a quebra da dormência fisiológica. Recomenda-se que ao final do período seco o capim esteja com um resíduo de talos a uma altura de 2.10 cm, o que equivaleria aproximadamente 100 a 150g/m² que representa um resíduo de 1.000 a 1.500 kg de MS ha⁻¹ (OLIVEIRA, 1993).

Apesar do próprio software validar os dados de produção da área, buscou-se analisar o grau de relacionamento entre variáveis de NDVI, pluviosidade e temperatura entre a produção estimada e validada pelo modelo no ano de 2009 por meio da correlação de Pearson (Figura 4). O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida da relação linear entre as variáveis. Portanto, o coeficiente varia de -1 a 1, o sinal indica a direção da relação (positiva ou negativa), e se o valor estiver em um valor extremo, será obtida uma correlação perfeita. Quanto mais próximo o coeficiente estiver de 0, mais fraca é a correlação, e quanto mais próximo de 1, mais forte é a relação. Quanto mais próximo de 1 (independente do sinal), maior é o grau de dependência estatística linear entre as variável (FIGUEIREDO FILHO & SILVA JUNIOR, 2009).

Figura 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos de pluviosidade, temperatura, NDVI e a produção do capim-buffel.



Fonte: Feitosa (2021)

Verifica-se que a produtividade apresentou correlação com temperatura próximo de 0,08 e o NDVI e a produtividade apresentaram alta correlação entre

si, com valores de 0,80, ou seja, à medida que aumenta a produtividade a uma tendência de aumentar o NDVI. Nesse sentido, pode-se entender que o NDVI é uma ótima ferramenta para estimar a produtividade, sendo variáveis que são diretamente proporcionais.

A pluviosidade teve uma correlação média de 0,51 com a produtividade, ou seja, à medida que aumentou a pluviosidade aumentou a produtividade. Nesse caso, entende-se que a pluviosidade em excesso pode prejudicar a produtividade. Segundo Santos et al. (2010), o capim-buffel é uma espécie altamente adaptada às condições semiáridas, mas não tolera o encharcamento do solo (umidade excessiva). Conrado (2017) em seu estudo na cidade de Sobral – CE, observou que com o volume acumulado de chuva (385 mm) até o 35º dia da pesquisa iniciou-se um processo de morte das plântulas, devido a uma frequência de 100 mm de chuva, constatado pelo amarelamento das folhas e apodrecimento das hastes.

Em pesquisa realizada no mesmo município, Maranhão et al. (2019) ao analisarem a morfofisiologia do capim-buffel cultivado sob diferentes suprimentos hídricos na estação seca e estação chuvosa observaram que a taxa fotossintética do capim buffel diminuiu, independentemente da época avaliada, sob maior pluviosidade.

Pode-se inferir que acima de 90% da evapotranspiração de referência (ET_o) há redução da biomassa no capim-buffel, o que está associado à sua menor resiliência em solos com maior teor de umidade. No período de transição (seco-chuvoso), o excesso de água no solo durante esse período reduziu o vigor das plantas sob regimes de 90 e 120% da E_{to} (MARANHÃO et al., 2019).

A pluviosidade e a temperatura apresentaram correlação fraca de -0,40 e a temperatura e o NDVI também apresentaram correlação fraca de -0,24 ou inversamente proporcional. A temperatura de superfície, diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo uma variável importante para a compreensão das interações entre a atmosfera e a superfície terrestre (FERREIRA et al., 2017). A temperatura com relação ao NDVI e a pluviosidade, são variáveis inversamente proporcionais, ou seja, ainda que exista uma variação em consequência uma da outra em proporções distintas, o aumento da medida de uma não faz com que a medida relativa da outra aumente. Fernandes et al. (2018), ao realizarem a detecção e análise de focos

de calor no município de Parauapebas – PA, observaram que os focos de calor se concentraram no período menos chuvoso, ou seja, as elevadas temperaturas têm relação inversa com a umidade relativa do ar. Enquanto que Gomes et al. (2020), ao avaliarem a distribuição de focos de calor às margens de rodovias federais no estado do Ceará, observaram que aproximadamente 87% dos focos foram observados entre setembro e dezembro, quando as chuvas diminuíram no estado. Esses resultados explicam a fraca correlação entre pluviosidade e a temperatura e do NDVI e temperatura na área de estudo.

O NDVI e a pluviosidade apresentam correlação positiva, de média a alta com valores de 0,71. A variação da pluviosidade faz com que o NDVI também sofra variação na mesma taxa, ou seja, a medida que aumenta a pluviosidade a uma tendência que os valores de NDVI aumentem. Brasil Neto et al. (2019) ao analisarem a correlação entre precipitação e o NDVI sobre o Estado da Paraíba utilizando dados TRMM e de pluviômetros, relataram que o comportamento temporal do índice NDVI entre diferentes tipos de cobertura vegetal tende a coincidir com o período úmido e seco de cada região, sendo fenômenos extremos como as secas fatores capazes de influenciar os valores de NDVI, independentemente do tipo de cobertura vegetal analisado. Resultado esse que condiz com a pesquisa, onde se verifica a maior concentração de forragem do capim-buffel e conseqüentemente do estrato lenhoso nos meses mais chuvosos, influenciando o NDVI na área.

Em geral, mesmo com a prevenção da perda excessiva de água, as evidências mostraram que as respostas do capim-buffel aos estresses hídricos (seca) e ao estresse térmico (calor) simultâneos causam efeitos no seu crescimento e produtividade. Quando diferentes estresses abióticos acontecem, eles podem estimular o efeito um do outro ou causar um antagonismo efeito na produtividade da cultura e no desempenho do crescimento (PANDEY et al., 2015). Segundo Buckeridge (2017), com o aumento da temperatura, a princípio, é de se esperar que ocorra aumento no metabolismo e maior crescimento de biomassa nas plantas com metabolismo C4.

4 CONCLUSÃO

O PHYWEB gera resultados suficientes para estimar a série histórica da produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada com resultados compatíveis com a literatura e a produção de forragem do capim-buffel variou entre 27 e 2.967 kg de MS ha⁻¹, com uma produção média anual em foi torno de 990,84 kg de MS ha⁻¹ nos últimos 70 anos.

A simulação por meio do PHYWEB indicou alta quantidade e variabilidade de forragem entre a época das chuvas e seca, com maior concentração e distribuição entre fevereiro e junho. Portanto, a simulação através do PHYWEB foi considerada, neste caso, uma boa técnica para entender a dinâmica produtiva do capim-buffel em área de caatinga raleada e assim minimizar o problema sobre as incertezas diante da irregularidade hídrica da região.

Como forma de ampliar o conhecimento da técnica de modelagem para produção de forragem no semiárido, o PHYWEB apresenta potencial para estudos futuros para o orçamento e gerenciamento de forragem na região a curto e médio prazo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. J. S. **Aspectos fitossociológicos e produção de fitomassa pastável da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir) em área de caatinga sucessorial**. 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Patos – PB, 2019.

BRASIL NETO, R.; SANTOS, C. A. G.; MENEZES, I. Análise da correlação entre precipitação e o NDVI sobre o estado da Paraíba utilizando dados TRMM e de pluviômetros. *In*: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 23., 2019. Foz do Iguaçu. **Anais** ... Foz do Iguaçu, 2019. p. 1-10.

BUCKERIDGE, M. S. **Comparação entre os sistemas fotossintéticos C3 e C4**. Departamento de Botânica–IB-USP, São Paulo, 2017. 4 f. Notas de Aula.

CARVALHO, P. C. F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. *In*: JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; CECATO, U., V. (ed). Simpósio sobre Avaliação de Pastagens com Animais. Maringá. 1997, **Anais...** Maringá, 1998. p. 25-52.

CARVALHO, W. F. **Efeito da suplementação com concentrado na qualidade da dieta e desempenho de ovelhas na caatinga**. 2019. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Teresina – PI, 2019.

CONRADO, J. A. A. **Biomassa herbácea e biodiversidade da Caatinga submetida a diferentes raleamentos e enriquecimentos**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Fortaleza – CE, 2017.

CORDÃO, M. A.; CEZAR, M. F.; CUNHA, M. G. G.; SOUSA, W. H.; PEREIRA-FILHO, J. M.; LINS, B. S.; MENEZES, J. B. A.; NÓBREGA, G. H. Efeito da suplementação com blocos multinutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de ovinos e caprinos na Caatinga. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1762-1770, 2014.

DUARTE, J. F. M.; MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; DUARTE, I. A. M.; SOUSA, V. L. Barbalha – CE, Brasil, suas variações na umidade relativa do ar. *In*: WORKSHOP DE METEOROLOGIA E RECURSOS NATURAIS, 1., Campina Grande. **Anais ...** Campina Grande: EDUFCEG, 2019, p. 194-203.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO (EMATER). **EMATER REGIONAL DE PATOS - Rural da Paraíba**. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema de Análise Temporal da Vegetação – SATVeg**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto->

<servico/2408/sistema-de-analise-temporal-da-vegetacao---satveg>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

FELLER, U.; VASEVA, I. I. Extreme climatic events: Impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants. **Frontiers in Environmental Science**, v. 2, n. 39, p. 1-17, 2014.

FERNANDES, T.; HACON, S. S.; NOVAIS, J. W. Z.; SOUSA, I. P.; FERNANDES, T. Detecção e análise de focos de calor no município de Parauapebas-PA, Brasil por meio da aplicação de geotecnologia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 398-412, 2018.

FERREIRA, B.; ZIMMERMANN, D. M.; CRISPIM, L. C.; FLACH, M. F.; VIEIRA, C. A. O. Análise sazonal das temperaturas superficiais do estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., 2017, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: SBC, 2017, p. 933-937.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M. SILVA, A. M. A.; OLIVEIRA, N. S.; SOARES, D. C.; BAKKE, O. A. Forage supply in thinned Caatinga enriched with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) grazed by goats and sheep. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v. 34, n. 2, p. 189-195, 2012.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M.; OLIVEIRA, N. S.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; SOARES, D. C. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 12, n. 2, p. 403- 415, 2011.

GOMES, D. T.; SAKAMOTO, M. S.; SILVA, A. E. F. Avaliação da distribuição de focos de calor às margens de rodovias federais no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 3, p. 467-475, 2020.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

MARANHÃO, S. R.; POMPEU, C. F. F.; SOUZA, H. A.; ARAÚJO, R. A.; FONTINELE, R. G.; CÂNDIDO, M. J. D. Morphophysiology of buffel grass grown under diferente water supplies in the dry and dry-rainy seasons. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 566-571, 2019.

MARTINELE, I.; SANTOS, G. R. A.; MATOS, D. S.; BATISTA, A. M. V.; DÁGOSTO, M. Botanical composition of the diet and rumen protozoa of sheep maintained in natural pastures from the Brazilian Semi-Arid area. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 169-175, 2010.

MINSON, D. J. Forage quality: assessing the plant-animal complex. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1981, Kentucky. **Proceedings...** Kentucky: 1981. p. 23-29.

MONÇÃO, F. P.; OLIVEIRA, E. R.; TONISSI, R. H.; GOES, B. O capim-buffel. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, p. 258-264, 2011.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, G. C. Potencial de produção de capim buffel na época seca no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, v. 20, p. 22-29, 2007.

MORENO GARCÍA, C. A.; SCHELLBERG, J.; EWERT, F.; BRÜSER, K.; CANALES-PRATI, P.; LINSTÄDTER, A.; OOMEN, R. J.; RUPPERT, J. C.; PERELMAN, S. B. Response of community-aggregated plant functional traits along grazing gradients: insights from African semi-arid grasslands. **Applied Vegetation Science**, v. 17, p. 470–481, 2014.

MOTA, N. S. O.; PEREIRA FILHO, J. M.; FORMIGA, L. D. A. S.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; BAKKE, O. A.; BORBUREMA, J. B.; OLIVEIRA, R. L.; BEZERRA, L. R. Comparison between lambs and goat kids meat production of

animals fed Caatinga vegetation enriched with buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) grass, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2795-2806, 2018.

OLIVEIRA, M. C. **Capim-buffel: produção e manejo nas regiões secas do nordeste**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido.1993. 18 p. (Embrapa Semiárido, Circular Técnica, 27).

OLIVEIRA, O. F.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MUIR, J. P.; MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; BARROS, G. F. N. P. Botanical composition of Caatinga rangeland and diets selected by grazing sheep. **Tropical Grasslands**, v. 4, n. 2, p. 71-81, 2016.

OLIVEIRA, O. F.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; BARROS, G. F. N. P. Características quantitativas e qualitativas de Caatinga raleada sob pastejo de ovinos, Serra Talhada (PE). **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 223-229, 2015.

PANDEY, P.; RAMEGOWDA, V.; SENTHIL-KUMAR, M. Shared and unique responses of plants to multiple individual stresses and stress combinations: physiological and molecular mechanis. **Frontiers in plant Science**, v. 6, n. 723, p. 1-14, 2015.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 1, p. 77-90, 2013.

RAMIREZ, R. G.; HUERTA, J. M.; KAWAS, J. R.; ALONSO, D. S.; MIRELES, E.; GÓMEZ, M. V. Performance of lambs grazing in a buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) pasture and estimation of their maintenance energy requirement for growth. **Small Ruminant Research**, v. 17, p. 117-121, 1995.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A. A suplementação como estratégia de manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA

PASTAGEM, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.123-150.

SANTOS, G. R. A.; GUIM, A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SILVA, M. J. Caracterização do pasto de capim-buffel diferido e da dieta de bovinos, durante o período seco no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 454-463, 2005.

SANTOS, R. M.; VOLTOLINI, T. V.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de capim-buffel em diferentes temperaturas. **Pangeia Científica**, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2013.

SANTOS, W. S. **Poda anual de *Poecyanella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz e sua produção de lenha e forragem**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), 2018.

SILVA, E. N.; FERREIRA-SILVA, S. L.; FONTENELE, A. V.; RIBEIRO, R. V.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 14, p. 1157–1164, 2010.

SILVA, N. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; ARAÚJO, M. R. A. Pastoreio de curta duração com ovinos em caatinga raleada no sertão cearense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34 n. 1, p. 135-140, 1999.

SOARES, D. L. **Efeito do raleamento da caatinga e do manejo da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.) na fitossociologia na vegetação arbusto-arbórea**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), 2017.

TEXAS A & M UNIVERSITY (DEPARTMENT OF RANGELAND ECOLOGY AND MANAGEMENT). **PHYGROW: phytomass growth simulator**. Version 2, model documentation. College Station, v. 95, n. 1, p. 92, 1995.

YDOYAGA-SANTANA, D. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; SILVA, M. J. A.; MARQUES, K. A.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, D. C. Caracterização da Caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2011.

CAPITULO 2

SIMULAÇÃO DE ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

SIMULAÇÃO DE ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

As fortes variações entre clima e vegetação no semiárido, os efeitos das mudanças climáticas sobre ecossistemas naturais e agrícolas são objetos comuns de pesquisa. Esse cenário faz com que a pastagem natural da caatinga seja bastante influenciada pela limitação de água por períodos prolongados onde a disponibilidade de forragem reduzida no período seco seja rotineiro. Nesse sentido, esse trabalho procurou analisar os padrões de produção forrageira do capim-buffel a fim de estimar a função densidade de probabilidade que ela representa por meio de uma série sintética. Nesta análise, utilizou-se a série histórica da área estimada no PHYWEB por meio de ajustes de parâmetros apropriados e o método de Monte Carlo através do software @risk, utilizado para simular a série sintética e a função densidade de probabilidade pelo teste Qui-quadrado (χ^2). Os resultados indicam que o método pode estimar a probabilidade de produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada com 15 a 20% do solo coberto com lenhosas nativas. Observou-se que os maiores picos produtivos variou entre 1.000 e 2.967 kg de MS ha⁻¹. A aplicabilidade do método de Monte Carlo permitiu gerar dados sintéticos de produção de forragem do capim-buffel baseados nos picos produtivos que variaram entre 315 e 3.700 kg de MS ha⁻¹. Com uma probabilidade de 90% para uma produção kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹ em área de caatinga raleada para um planejamento forrageiro.

Palavras-chave: monte carlo, modelagem, pastagem natural, phyweb, @risk

1 INTRODUÇÃO

A vegetação nativa continua sendo a base da alimentação e produção de pequenos ruminantes na região semiárida. Entretanto, nas últimas décadas tem-se observado um esforço para se produzir a alimentação do rebanho através dos cultivos de plantas forrageiras adaptadas a região, destacando-se principalmente o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e a palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*).

Estudos têm demonstrado que, em condições de adaptação à seca, o enriquecimento da caatinga com gramíneas e leguminosas exóticas pode aumentar a produção de fitomassa da planta, aumentando sua capacidade de suporte (ARAÚJOFILHO, 2013). Essa técnica atrelada ao o raleamento que consiste no controle seletivo das espécies lenhosas com o objetivo de aumentar a produção de forragem do estrato herbáceo tem sido bastante difundidas na região semiárida.

Apesar do uso dessas técnicas, nem sempre se obtêm resultados significativos de produção como esperado, devido a variabilidade climática da região. Nesse sentido, é necessário da atenção especial para as características climáticas no semiárido pois a temperatura e a pluviosidade exercem diversos efeitos na produção de forragem, por isso é essencial entender suas variabilidades.

Visando-se contornar essa situação, ou seja, tornar a produção das pastagens sustentáveis ao longo do ano e sem quebrar o equilíbrio do ecossistema devido a essa variabilidade na produtividade forrageira na região semiárida a cada ano, estimativas e previsões de produtividade são valiosas para o planejamento e tomadas de decisão na fazenda. A previsão probabilística pode auxiliar no planejamento e execução das atividades agropecuárias, racionalizando procedimentos e evitando ou reduzindo possíveis perdas causadas pelo clima (ASSIS et al., 2004).

As previsões de produção de forragem geralmente são realizadas por especialistas com base no histórico da área, solo, clima e nas características da planta. Outro modo de se obter estimativas e previsões de produtividade é por meio de modelo de simulações de culturas, os quais podem ser usados desde

que atendam às necessidades de quem o usa e reproduza resultados compatíveis com a realidade.

Ações de estoque de alimentos adotadas no sistema de produção são excelentes ferramentas para manutenção alimentar dos rebanhos nos períodos secos o que poderia ser otimizado quanto se sabe quanto de forragem possa surgir a cada ano. Desse modo, o uso de modelos de simulação pode obter resultados satisfatórios quando seja adequadamente aplicado.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo modelar a produção de forragem do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) em área de caatinga raleada usando o software PHYWEB e gerar uma série sintética que reproduza uma estimativa adequada a partir da função densidade de probabilidade que ela representa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo de campo foi conduzido no bioma caatinga na Fazenda Lameirão, localizada no município de Santa Terezinha, Paraíba, possuindo uma área total de 97,6 hectares. A Fazenda pertence ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina - CSTR/UFCG, na zona fisiográfica do Sertão Paraibano, com sede administrativa no município de Patos, Paraíba. Geograficamente a área experimental para o estudo fica localizada entre as coordenadas 7° 2'49.64"S e 37°29'34.33"O (Figura 1).

Figura 1. Imagem de satélite da área experimental na fazenda lameirão, Santa Terezinha – PB.



Fonte: (Google Earth, 2018)

2.2 Dados de produtividade, precipitação e solo

Os dados de produtividade do capim-buffel empregados no ajuste e avaliação do modelo foram levantados por meio de revisão de literatura de trabalhos realizados na área experimental.

Os dados meteorológicos referentes a temperaturas máxima e mínima e precipitação foram obtidos junto às estações meteorológicas mais próximas da área de interesse. Esses dados foram compilados do site Climatempo e da própria Universidade Federal de Campina Grande.

A identificação do solo da área foi informada a partir do mapa de solos da EMBRAPA (2011 e 2013) e parâmetros de campo.

2.3 Descrição do modelo

O software utilizado para gerar a série histórica de produção de forragem do capim-buffel é o PHYWEB. Esse software é uma plataforma de validação de vegetação on-line que compara os resultados das transações com os bancos de dados PHYGROW mantidos pela Texas A & M.

A partir dos parâmetros da área, o software PHYWEB estimou uma série histórica da produção de biomassa vegetal no sítio ecológico entre janeiro de 1950 e maio de 2020. Os dados gerados no próprio software foram calibrados e validados.

2.4 Série Sintética de estimativa de produção do capim-buffel

Utilizando a série histórica para biomassa total estimada pelo modelo PHYWEB, considerou-se para essa etapa apenas a máxima produção de forragem na área de cada ano entre janeiro de 1950 e abril de 2020 propiciando um perfil da máxima produção de forragem anual corrente, que corresponde à produção de biomassa de forragem observada ao longo do ano, resultando das condições climáticas e tendo um caráter aleatório.

Considerando a série histórica de máximo anual da produção de forragem entre 1950 e 2020 como de natureza aleatória, como se fosse um sorteio ao acaso de um bloco de dados retirados do tempo, esses dados foram utilizados no programa @risk para determinar seu comportamento histórico e a consequente função densidade de probabilidade que ela representa baseada no teste Qui-quadrado (χ^2) e, em seguida, sendo gerada uma série sintética longa no mesmo programa.

O software @risk foi desenvolvido pela empresa Palisade Corporation e é um dos principais softwares de análise de risco. Este software otimiza o problemas matemáticos, e possibilita a concentração de esforço na modelagem dos dados de entrada, o problema e a análise dos resultados.

Mediante o emprego do Teste Qui-quadrado (χ^2) e com a realização da simulação obtêm-se os valores necessários para uma análise, onde a série histórica de máximo anual de forragem foi ajustada a uma distribuição para um nível de significância, a 1 %.

Utilizando registros de produtividade da série de máximo anual, o programa reproduz uma longa série de dados de produção do capim-buffel diários (série sintética). Espera-se que a série gerada seja semelhantes aos dos dados da obtidos em campo para comparação.

Após gerada a série sintética de produção do capim-buffel a cada ano, a ferramenta de simulação Monte Carlo (SMC), foi utilizada para identificar a distribuição de probabilidade que melhor se ajuste a esses valores.

A SMC consiste basicamente em gerar aleatoriamente sucessivas variáveis que são testadas contra um modelo estatístico, no caso, uma distribuição de probabilidades, fornecendo uma estimativa de valor esperado. De

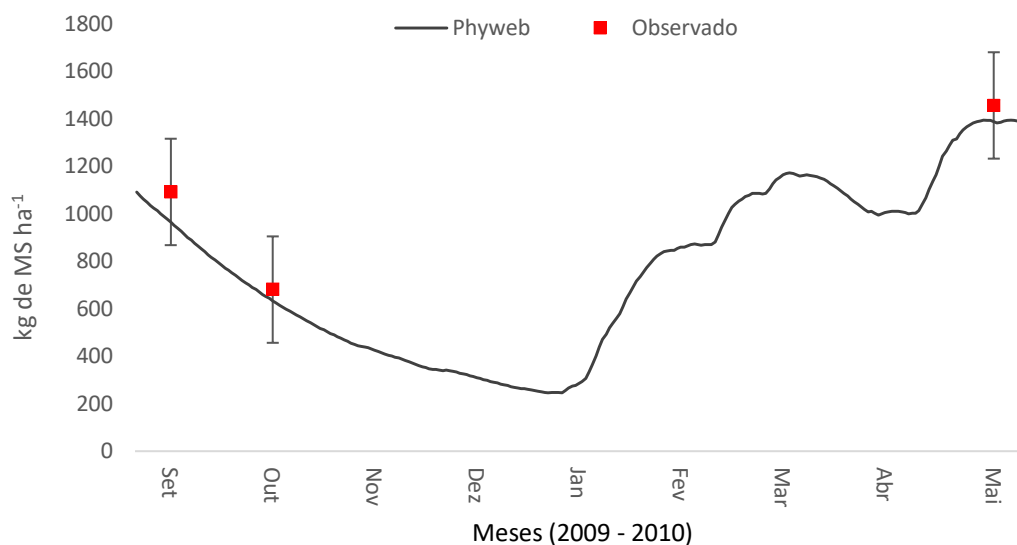
acordo com Hojjati & Noudehi (2015) a SMC fornece a possibilidade de conhecer o comportamento de fatores aleatórios, e como resultado torna o risco calculável.

Portanto, modelando apropriadamente a incerteza da produção do capim-buffel em área de caatinga raleada associada a cada produção através de sua distribuição e possíveis cenários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento dos pastos na região semiárida refletem as modificações nos padrões de temperatura e chuva na região, pois dependem diretamente da dinâmica entre as características da área e da planta. A produção relativa a estimativa de forragem do capim-buffel pelo PHYWEB seguiu a variabilidade climática da região para os meses chuvosos e secos da região obtendo ótimos resultados. O software estimou 963,9 kg de MS ha⁻¹ para 01 de setembro de 2009, 632,4 kg de MS ha⁻¹ para 01 de outubro de 2009 e 1387,7 kg de MS ha⁻¹ para 01 de maio de 2010, apresentando confiança aos 1091,3 kg de MS ha⁻¹ e 682,5 kg de MS ha⁻¹ do capim-buffel para as mesmas datas de setembro e outubro de 2009 observados por silva et al. (2009) e para os 1455,98 kg de MS ha⁻¹ do capim-buffel em 01 de maio de 2010 observados por Soares et al. (2012) (Gráfico 1).

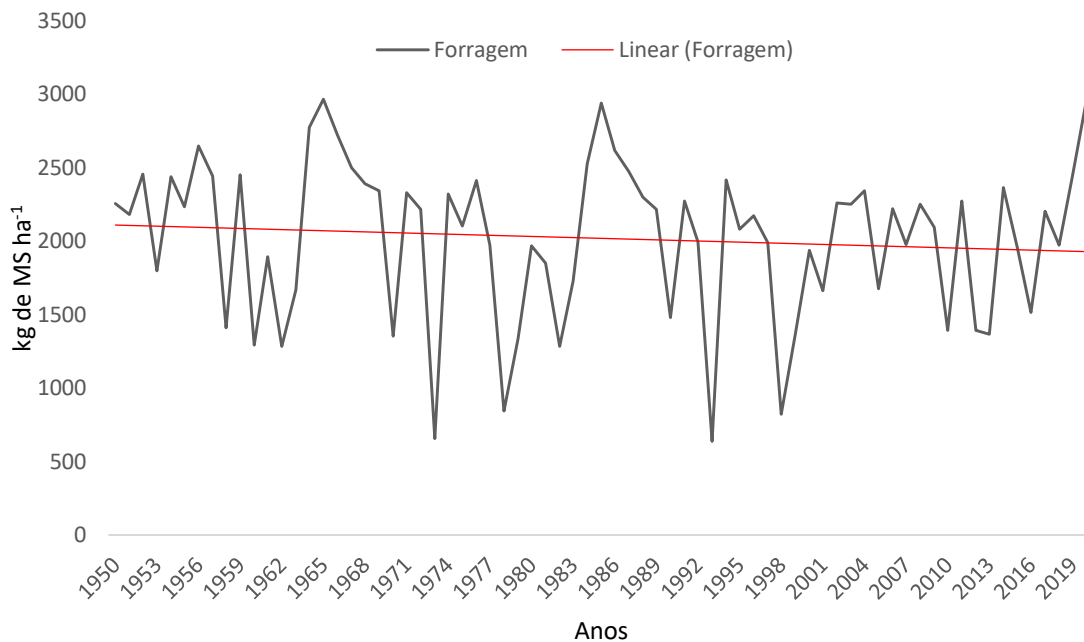
Gráfico 1. Produção de forragem do capim-buffel observado e comportamento estimado pelo software.



Fonte: Feitosa (2021)

A partir dos dados da área calibrados e com a validação do modelo, a estimativa de biomassa foi efetuada no PHYWEB gerando uma série histórica da produção do forrageira do capim-buffel entre janeiro de 1951 e maio de 2020. A partir dessa série histórica selecionou-se a máxima produção de forragem de cada ano conforme o gráfico 2.

Gráfico 2. Máxima produção de forragem anual do capim-buffel na área experimental a partir da série histórica (1950 – 2020).



Fonte: Feitosa (2021)

Observou-se que os maiores picos de biomassa do capim-buffel concentraram-se no mês de abril, em 38 anos, seguido do mês de maio com 24 picos. A precipitação média no mês de março e abril é de 167 e 122 milímetros, temperatura máxima de 32 e 31^o C e mínima de 22 e 21^o C, respectivamente. Vale destacar que entre os meses de março e junho de 2011 a produção de biomassa forrageira de capim-buffel se manteve acima de 2.100 kg de MS ha⁻¹ e de março a maio de 2020 com uma produção variando acima de 2.000 kg de MS ha⁻¹.

Verifica-se no gráfico 2 que a maioria dos picos dos períodos experimentais da biomassa de forragem total (BFT) do capim-buffel apresentou-se acima de 1.000 kg de MS ha⁻¹ com uma média de 2.180 kg de MS ha⁻¹ durante esse período

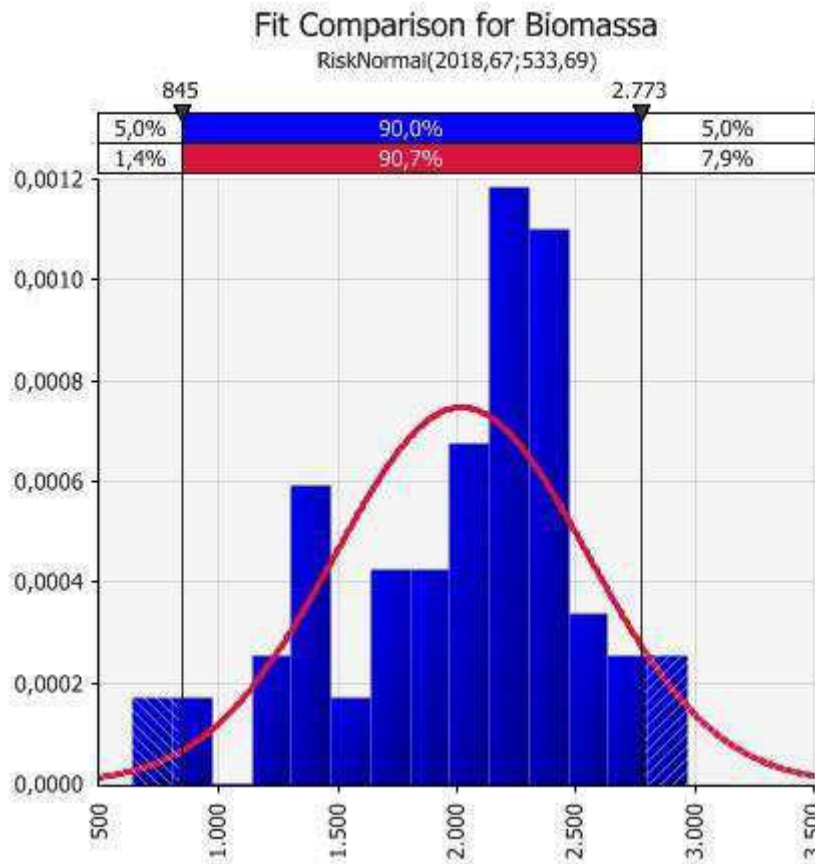
Esses valores possuem grande relevância para alimentação animal na região, podendo ser potencializada a partir da aplicação de técnicas de manejo e criação de um orçamento forrageiro de curto a médio prazo na fazenda, retirando um percentual no período das chuvas pra disponibilizar para os animais no período seco, onde a incidência de forragem é reduzida.

As séries históricas anuais de produção de forragem na região do semiárido nordestino possuem particularidades, um caráter aleatório e independente do escoamento de um ano para o outro, ou seja, o advento de um ano com um nível elevado de precipitações não traz influência na produção de forragem no ano seguinte. Assim, a medida que os impactos das mudanças climáticas resultam em eventos mais extremos (como secas e inundações), a necessidade de entender quais políticas facilitam a adaptação eficaz para resistir as mudança climática torna-se crucial (MARGOT e JOYEETA, 2016).

Nesse sentido, aplicando-se o conhecimento da variação anual da produção de forragem em relação à climatologia local e associando-o às técnicas de manejo, o produtor pode se dispor de maior quantidade de forragem e água para os animais nos meses mais quentes ou secos, evitando o sobrepastejo dos animais em áreas de caatinga, otimizando o uso de sua área de maneira racional.

A época de seca no semiárido dificilmente se encontra uma forragem em quantidade e qualidade apropriada para os animais no pasto. Isso faz com que essa característica seja importante para entender a ecologia local, possibilitando a aplicação de metodologias de geração de valores sintéticos baseadas na aleatoriedade da produção de forragem ano a ano, como a técnica de Monte Carlo, a qual considera que quaisquer valores anuais de produção que são equiprováveis de ocorrerem e que estes podem ser representados por funções probabilísticas o que associa esse mecanismo ao estudo, uma vez que as máximas produções de forragem anuais podem ser consideradas de natureza aleatória se levadas em conta algumas premissas como a realização de testes para se checar a esta independência anual e se realmente a série histórica obedece à função probabilística selecionada como feitas neste estudo (Figura 2).

Figura 2. Comparação de ajuste para produção de forragem no software @Risk.



Fonte: Feitosa (2021)

A partir das distribuições de probabilidade verificadas no gráfico, foi escolhido o teste Normal, tanto pelo ranque do programa como também pelo arranjo da função dos dados observados visualmente com uma melhor distribuição que se ajustava às séries geradas. A distribuição normal é um dos exemplos mais importantes de distribuições de probabilidade contínuas. Outra característica que torna este método atrativo se deve ao fato de que as variáveis aleatórias geradas pela simulação de Monte Carlo podem assumir a forma de qualquer distribuição de probabilidade, inclusive funções sem formas analíticas explícitas para as funções de distribuição acumulada (FDA), como o caso da distribuição Normal. De acordo com Pasquali (2014) a curva normal está ligada ao estudo da probabilidade e hoje em dia ela tornou-se uma ferramenta muito importante, pois a normalidade ocorre em muitas medidas físicas, biológicas ou

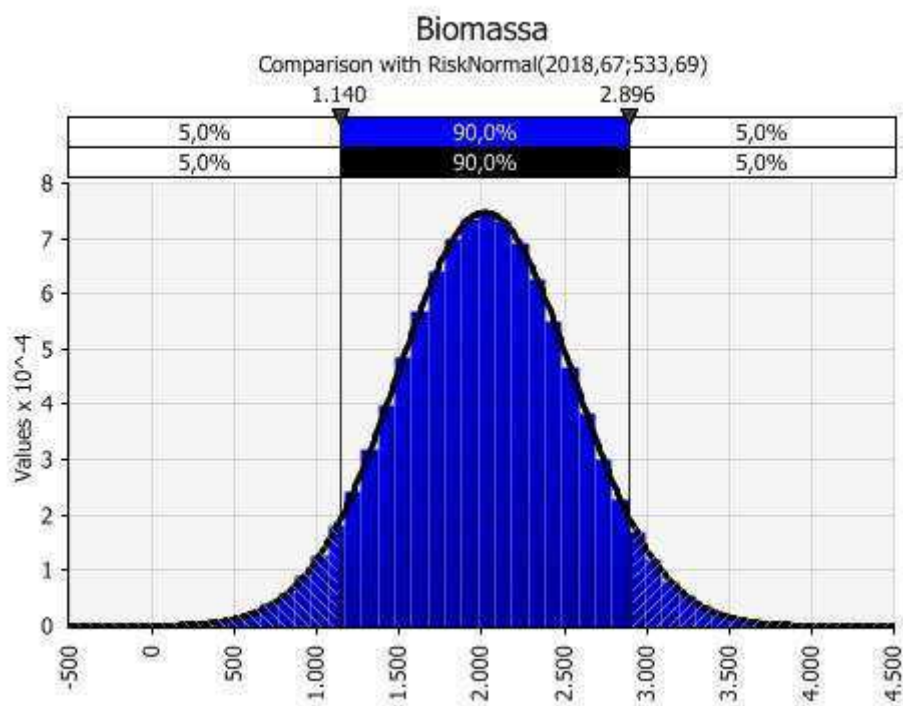
sociais. É muito utilizada em análises estocásticas para descrever as variáveis aleatórias (SANTOS, 2020).

A distribuição normal maximizou informações entre todas as distribuições conhecidas com média e variância, o que tornou a escolha natural para a distribuição subjacente dos dados resumidos em termos de amostra.

Realizada a simulação da máxima produção de forragem anual do capim-buffel, foram gerados 3.000 mil valores aleatórios pelo programa para o preenchimento dos espaços (Figura 2) preenchendo toda a função densidade de probabilidade (Figura 3). Os números aleatórios no estudo foram usados com o propósito de simular a produção de forragem do capim-buffel a partir da máxima produção anual ao longo de 70 anos.

A função distribuição de probabilidade ou probability density function (PDF), por vezes chamada de função de densidade de probabilidades, é uma função que descreve a densidade relativa de probabilidade de uma variável aleatória associada a um valor específico acontecer (SILVA, 2018).

Figura 3. Produção de forragem do capim-buffel e função densidade de probabilidade no software @Risk.



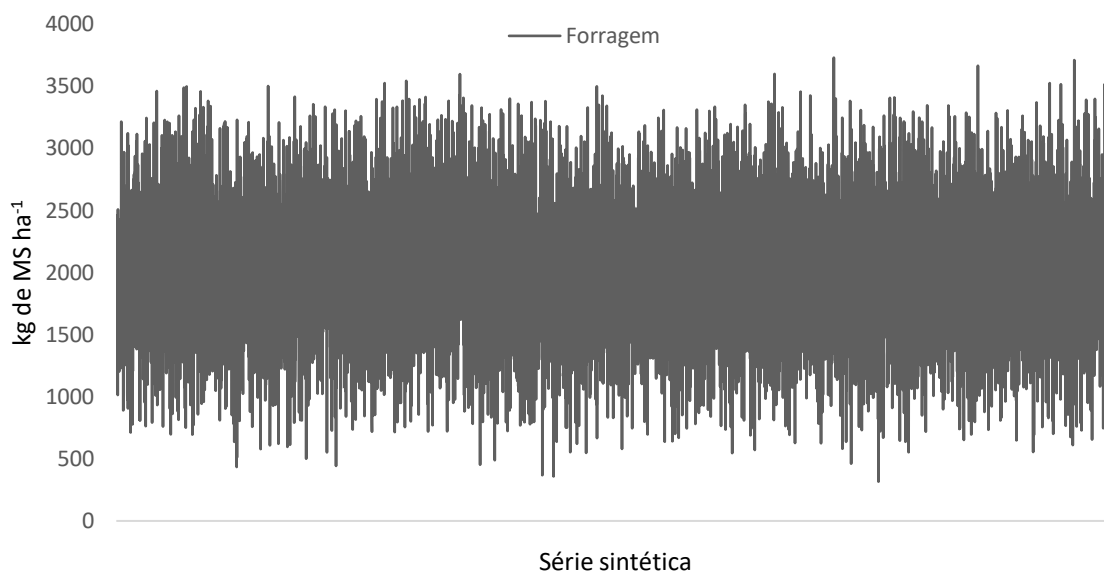
Fonte: Feitosa (2021)

A partir dessa amostra de valores observados, buscou-se representar uma variável aleatória pelo modelo de distribuição de probabilidade, realizando-se o procedimento de “ajuste de uma distribuição” e para obtenção dos valores característicos da amostra, tais como: média, desvio padrão, coeficiente de assimetria e coeficiente de variação para verificação do ajuste.

Com o sumário estatístico gerado no @risk, gerou-se uma série sintética a partir da função normal de 10.000 mil valores para observar a probabilidade que temos da produção do capim-buffel na área de caatinga raleada apresentar valores entre 1.500 e 3.000 kg de MS ha⁻¹ para um planejamento forrageiro da fazenda. Ao realizar certo experimento, podem-se associar valores numéricos aos seus possíveis resultados.

A simulação consiste em aplicar a produção de forragem na reserva, usando essa série anual estimada no programa e estabelecendo uma regra de retirada anual, analisando a partir daí o comportamento da pastagem caso aquela regra fosse estabelecida. Estes valores podem ser utilizados para uma melhor identificação dos resultados possíveis ou podem mesmo ser a informação que se pretende obter a partir do experimento (Gráfico 3).

Gráfico 3. Série sintética em relação a produção de forragem do capim-buffel na área experimental.



Fonte: Feitosa (2021)

Verifica-se no gráfico que os dados sintéticos de produção de forragem variaram entre 315 e 3.700 kg de MS ha⁻¹, ou seja, mesmo que de maneira improvável, há chance de se encontrar essa máxima produção de forragem para o capim-buffel na área.

A série sintética demonstra pouca variação dos parâmetros estatísticos de produção forrageira ao longo do tempo, como se vê através da média e do desvio padrão observado na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos da série histórica de máximo anual e da série sintética gerada no @risk.

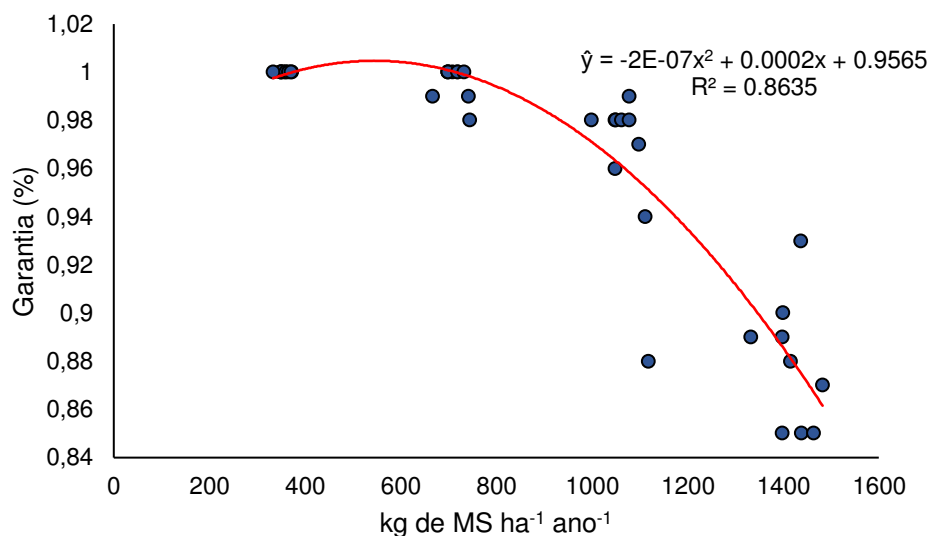
Série	Parâmetros Estatísticos			
	Média (kg de MS ha ⁻¹)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)	Assimetria
Histórica	2018,6	533,6	26,43	-0,68406
Sintética	2014,9	527,8	26,19	0,00728

Fonte: Feitosa (2021)

Observa-se que a variabilidade dos dados da série histórica e sintética em relação ao desvio padrão, o coeficiente de variação e assimetria possuem um grau de concentração de valores similares, ou seja, embora os valores de produção de forragem da série sintética sejam diferentes da série histórica, ela tende a ser igualmente provável de acontecer. O desvio padrão é a medida mais utilizada no comparativo de diferenças entre conjuntos de dados, apresentando, geralmente, maior fidelidade na análise (CORREA, 2003). Desta forma, ela representa o desvio típico dos dados em relação à média, escolhida como medida de tendência central. Quanto maior o desvio padrão, mais diferentes entre si são os valores coletados (ENAP, 2020).

Após aplicar-se o teste do Qui-quadrado, observou-se a probabilidade da produtividade do capim-buffel na área de caatinga raleada (Gráfico 4).

Gráfico 4. Probabilidade de produção do capim-buffel acima de 1.000 kg de MS ha⁻¹ na área experimental de caatinga raleada e enriquecida.



Fonte: Feitosa (2021)

Verifica-se que existe uma probabilidade de 90% produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada nas condições locais ser de 1.300 kg de MS ha⁻¹. Carvalho Júnior et al. (2009) e Pereira Filho et al. (2013) relataram que a maioria dos trabalhos que avaliam a produção de matéria seca da vegetação da Caatinga destaca valores de 1.500 kg de MS ha⁻¹ a 4.000 kg de MS ha⁻¹. Por se tratar de uma área de caatinga raleada com cobertura de 20%, observa-se que à medida que se busca uma produtividade maior, a certeza de se encontrar valores esperados é menor. Nesse sentido, ao considerar uma produtividade de 1.500 kg de MS ha⁻¹, há uma probabilidade de 84% de se obter tal valor. Assim, na medida que se busque valores superiores a 1.500 kg de MS ha⁻¹ nessas condições de estudo, essa certeza é diminuída, podendo ser diretamente ligada à variabilidade dos períodos chuvosos a cada ano, visto que a produção de forragem depende das características da área, especialmente da cobertura do solo por plantas lenhosas e da época de avaliação, ou seja, quando há uma boa pluviosidade, esses valores tendem a aumentar.

De acordo com Medeiros e Dubeux Junior (2008), o capim-buffel possui eficiência no uso da água das chuvas, permitindo um crescimento rápido no início do período chuvoso, após sofrer déficit hídrico intenso e prolongado. Formiga et al (2012) em pesquisa na mesma área de estudo, observaram

redução na produção total de forragem de 3.397 kg de MS ha⁻¹ no período chuvoso para a 1.413 kg de MS ha⁻¹ no período seco, enquanto que Mota et al. (2018) observaram uma produtividade média 1.837 kg de MS ha⁻¹ de gramíneas e 1.676 kg de MS ha⁻¹ de dicotiledôneas evidenciando o efeito dos fatores climáticos sobre a produção de forragem na caatinga. Nesse sentido, é compreensível dizer que a pluviosidade influencia muito a produção de forragem em relação à cobertura vegetal.

Portanto, a partir dessas características, é melhor procurar trabalhar com a probabilidade de 90% (1.300 kg de MS ha⁻¹), pois quando buscar uma probabilidade entre 95 e 99% o percentual de forragem é muito baixo, variando entre 400 a 600 kg de MS ha⁻¹, respectivamente. Partindo dessa premissa, será possível colher ou armazenar forragem em intervalos constantes e pré-determinados.

Assim, atentando para a garantia de 1.300 kg de MS ha⁻¹, em percentual de produção de forragem do capim-buffel, pode ser retirada uma quantidade fixa de forragem por ano, ou seja, conservando cerca de 30% da produção de capim-buffel esperada para cada ano por meio da intensificação de estratégias como o diferimento de pastagens ou produção de feno. O diferimento de pastagens consiste em separar determinadas áreas da propriedade no final do período das chuvas e excluí-las do pastejo. Segundo Santos et al. (2009), essa estratégia garante o acúmulo de forragem para ser fornecida durante o período de escassez, diminuindo os efeitos da sazonalidade de produção de forragem.

Nesse contexto, a geração dos dados sintéticos de produção de forragem do capim-buffel no presente estudo contribui para o desenvolvimento de novos experimentos para racionalização do processo produtivo para áreas de caatinga raleada, possibilitando o planejamento da atividade, minimizando seus riscos e tornando-o cada vez mais eficiente.

4 CONCLUSÃO

O método proposto (software PHYWEB) estima a probabilidade de produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada indicando maiores picos produtivos no mês de abril (38 anos) seguida do mês de maio (24

anos), com disponibilidade total de forragem do capim-buffel variando entre 1.000 e 2.967 kg de MS ha⁻¹.

A aplicabilidade do método de Monte Carlo gera dados sintéticos de produção de forragem do capim-buffel baseados nos picos produtivos que variam entre 315 e 3.700 kg de MS ha⁻¹ permitindo uma visão realista relacionada as incertezas pluviométricas da região semiárida.

Existe uma probabilidade de 90% para a produção de forragem do capim-buffel em área de caatinga raleada ser de 1.300 kg de MS ha⁻¹, valor esse que deve servir de base para aplicação de técnicas de manejo para a conservação de forragem na região semiárida, visto que ao se trabalhar com valores de 95 e 99% de probabilidade, a produção forrageira é muito baixo.

Os resultados encontrados nesse estudo mostra a potencialidade da modelagem para facilitar a parte de gerenciamento forrageiro na região semiárida para alimentação animal, permitindo o produtor sertanejo trabalhar com um percentual de garantia para a retirada ou conservação de forragem para o período seco da região, em um orçamento forrageiro de curto a longo prazo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 195 p.

ASSIS, J. P.; NETO, D. D.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; SPAROVEK, G.; TIMM, L. G. Ajuste de séries históricas de temperatura e radiação solar global diária às funções densidade de probabilidade normal e log-normal, em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 1, p. 113-121, 2004.

BONAFINI, F. C. **Probabilidade e estatística**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. 176 p.

CAMPOS, J. N. B. Modeling the Yield–Evaporation–Spill in the Reservoir Storage Process: The Regulation Triangle Diagram. **Water Resource Management**, v. 24, p. 3487–3511, 2010.

CARVALHO JÚNIOR, A. M.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, R. M.; CÉZAR, M. F.; SILVA, A. M. A.; SILVA, A. L. N. Efeito da suplementação nas características de carcaça e dos componentes não-carcaça de caprinos F1 Boer × SRD terminados em pastagem nativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1301-1308, 2009.

CLIMATEMPO. **Climatologia Santa Terezinha – PB**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/6615/santateresinha-pb-pb>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2.ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. 116 p.

DÍAZ, F. R.; LÓPEZ, F. J. B. **Bioestatística**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 284 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa. 2013, 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. SANTOS, H. G.; CARVALHO JUNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. (eds.) – Dados eletrônicos – Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 67, 2011.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA – ENAP. **Monitoramento da biodiversidade: gestão, análise e síntese dos dados**. SAIS, Brasília – DF, 2020. 186 p.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; OLIVEIRA, N. S.; SOARES, D. C.; BAKKE, O. A. Forage supply in thinned Caatinga enriched

with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) grazed by goats and sheep. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v. 34, n. 2, p. 189-195, 2012.

GOOGLE. **Google Earth website**. 2020. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em 25 de julho de 2020.

HOJJATI, S. N.; NOUDEHI, N. R. The use of Monte Carlo simulation in quantitative risk assessment of IT projects. **Int. J. Advanced Networking and Applications**, v. 7, n. 1, p. 2616–2621, 2015.

MARGOT, H.; JOYEETA, G. Adaptive Governance, Uncertainty, and Risk: Policy Framing and Responses to Climate Change, Drought, and Flood. **Risk Anal**, v. 36, n. 2, p. 339-56, 2016.

MEDEIROS, H. R.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. Efeitos de fertilização com nitrogênio sobre a produção e eficiência do uso da água em capim buffel. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 13-15, 2008.

MINSON, D. J. **Forage quality: assessing the plant, animal complex**. In: Proceedings of the 14th International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, p. 23-29. 1981

MOTA, N. S. O.; PEREIRA FILHO, J. M.; FORMIGA, L. D. A. S.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; BAKKE, O. A.; BORBUREMA, J. B.; OLIVEIRA, R. L.; BEZERRA, L. R. Comparison between lambs and goat kids meat production of animals fed Caatinga vegetation enriched with buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) grass, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2795-2806, 2018.

MOURA, J. W. S. **Disponibilidade e qualidade de pastos nativos e de capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) diferido no semiárido de Pernambuco**. 1987. 159 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, 1987.

PASQUALI, L. **A Curva Normal**. In: _____. Matemática Discreta. Rio de Janeiro: Coleção PROFMAT, 2014

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 1, p. 77-90, 2013.

SANTOS, B. V. **Um estudo comparativo entre estatísticas scan espacial baseadas em modelos de regressão com variáveis respostas assimétricas**. 2020, 88 f. Dissertação (Mestrado em Matemática), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, 2020.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JÚNIOR, D. N.; QUEIROZ, A. C.; JÚNIOR, J. I. R. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 626-634, 2009.

SILVA, C. M. M. S.; OLIVEIRA, M. C.; ALBUQUERQUE, S. G. Avaliação do desenvolvimento e da produtividade de treze cultivares de capim buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22. n. 5, p. 515-520, 1987.

SILVA, L. D. A. **Ovinos e caprinos terminados em caatinga raleada enriquecida com capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos – PB, 2009.

SILVA, P. B. A. **Modelagem probabilística de parâmetros de onda para análise de estruturas marítimas**. 2018, 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ, 2018.

SOARES, R. F. **Ovinos e caprinos terminados em caatinga enriquecida: 1. Efeito do pastejo na vegetação herbácea; 2. Efeito da suplementação no**

desempenho animal. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos – PB, 2012.

SOUZA, A. A.; ESPÍNDOLA, G. B. Efeito da suplementação com feno de leucena (*Leucaena leucocephala* (lam) de wit) durante a estação seca sobre o desenvolvimento ponderal de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1424-1429, 1999.