

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JULIANA MARIA FREITAS DE ASSIS HOLANDA

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE
MILHO E SOJA HIDROPÔNICOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS INERTES E
DOSES DE N EM COBERTURA**

Ilha Solteira
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JULIANA MARIA FREITAS DE ASSIS HOLANDA

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE
MILHO E SOJA HIDROPÔNICOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS INERTES E
DOSES DE N EM COBERTURA**

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutora em Agronomia.

Edson Lazarini.
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

H722p Holanda, Juliana Maria Freitas de Assis.
Produção de matéria seca e composição bromatológica de milho e soja hidropônicos em diferentes substratos inertes e doses de N em cobertura / Juliana Maria Freitas de Assis Holanda. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
53 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidades: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Adubação nitrogenada. 2. Casca de arroz. 3. Proteína. 4. Hidroponia. 5. Rondônia.


Raiane da Silva Santos

Serviço Técnico de Biblioteca, Arquivo e Documentação
Superintendente: Raiane da Silva Santos
Diretora Técnica de Biblioteca e Documentação
C311.8 - 0000



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

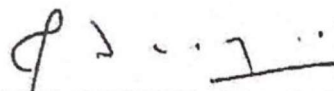
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE MILHO
SOJA HIDROPÔNICOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS INERTES E DOSES DI
EM COBERTURA

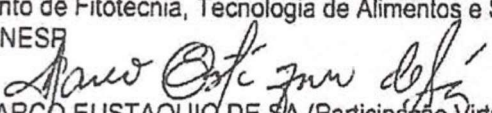
AUTORA: JULIANA MARIA FREITAS DE ASSIS HOLANDA

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

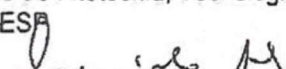
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Virtual)

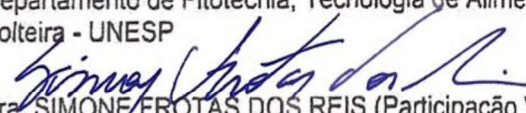
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. ORIVALDO ARF (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Dra. SIMONE FROTAS DOS REIS (Participação Virtual)

Departamento de Nutrição / DSM Nutrição e Saúde Animal


Profa. Dra. ANGELITA APARECIDA COUTINHO PICAZEVICZ (Participação Virtual)

Departamento de Ensino / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Ilha Solteira, 14 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me guiar no caminho para alcançar meus objetivos, mesmo diante das dificuldades. Agradeço pela oportunidade de estar concluindo mais essa etapa em minha vida.

Aos meus pais Fernando Pereira de Assis e Suely Duarte Freitas de Assis, minhas queridas irmãs e sobrinhos, que me apoiam em todos os momentos e contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, mesmo que a distância.

Agradeço ao meu esposo, Mahatma Maia Fraga de Holanda, pelo apoio e compreensão, em todos os momentos e pela ajuda em todas as etapas deste trabalho. Ele que sempre me trazia paz, dizendo: “calma, a tua hora vai chegar!”.

Aos meus filhos Davi Assis Maia Fraga de Holanda e Amanda Assis Maia Fraga de Holanda, pela paciência e amor que sempre demonstraram quando eu precisei me ausentar do nosso lar. Vocês são a maior realização da minha vida e são parte imprescindível no meu crescimento pessoal e profissional.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil) pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho (Código de Financiamento 001)

Agradeço imensamente ao professor Dr. Edson Lazarini, por toda a orientação e incentivo. Por ter confiado em minha capacidade de conduzir a pesquisa e realizar o trabalho, que mesmo sem sua presença física e seu olhar experiente, ajudo-me de forma grandiosa com seu conhecimento.

Agradeço a todos os colegas de doutorado, que vivenciaram momentos de estudo no decorrer desta jornada. Em especial, a minha amiga e colega profissional Nirvani que caminhou comigo e me ajudou no longo percurso para conclusão deste trabalho.

A todos as pessoas que de algum modo contribuíram para a conclusão do doutorado.

RESUMO

Dentre as atividades pecuárias desenvolvidas em Rondônia, destaca-se a criação de ruminantes. Um dos maiores limitantes ao crescimento da pecuária é a degradação das pastagens, principalmente em solos de baixa fertilidade. Sendo a pastagem o principal constituinte alimentar destes animais, a baixa oferta de alimento em época de estiagem, restringe a sua produção e desenvolvimento. Desta forma, o desenvolvimento de tecnologias que permitam produzir alimentos em sistemas intensivos, com menor ocupação do solo e uso de insumos, torna-se importante. Com essa finalidade, destaca-se o cultivo hidropônico de forragem verde em substratos orgânicos. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a produção de matéria verde, produção de matéria seca e composição bromatológica de milho e soja hidropônicos, em substratos inertes e doses de N em cobertura. Foram conduzidos dois experimentos, em períodos diferentes, no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus Cacoal*, em condições de casa de vegetação tipo estufa. O experimento 1 foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, constituindo-se de 8 tratamentos com 4 repetições, ou seja, 2 cultivos (100 % milho e 75% milho + 25% soja), 2 substratos (casca de café e casca de arroz) e presença ou não de adubação nitrogenada em cobertura. No experimento 2, utilizou-se apenas o substrato casca de arroz e 6 tratamentos, constituídos de 3 cultivos (100% milho, 75% milho + 25% soja e 50% milho + 50% soja), na presença ou não de adubação nitrogenada em cobertura. As parcelas possuíam área útil de 1,0m x 1,0m x 0,04 m de profundidade. Para o experimento 1, foram avaliados os parâmetros teor relativo de clorofila, matéria verde e matéria seca do material (substrato + plântulas) realizadas no 15º dia após a semeadura, adicionalmente ao que foi mensurado no experimento 1, no experimento 2 avaliou-se, também, a composição bromatológica do material (substrato + plântulas). Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$), quando observada significância, utilizando-se o software computacional SISVAR. No experimento 1, os resultados obtidos demonstraram que, o teor relativo de clorofila nas folhas não altera em função dos substratos e uso de nitrogênio em cobertura em milho hidropônico aos 15 dias pós a semeadura. Para o experimento 2. Os teores de proteína, cinzas e extrato etéreo, aumentaram com a inclusão de 25% e 50% de soja em consórcio com o milho. O substrato casca de arroz é o mais indicado para produção de milho hidropônico e o

consórcio entre milho e soja não alterou a produção de matéria verde e seca em sistema de hidroponia com substrato casca de arroz.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Casca de arroz. Proteína. Hidroponia. Rondônia.

ABSTRACT

Among the livestock activities developed in Rondônia, the creation of ruminants stands out. One of the biggest limitations to the growth of livestock is the degradation of pastures, especially in soils with low fertility. As a pasture is the main food constituent of these animals, a low supply of food in times of drought, restricts their production and development. Thus, the development of technologies that produce food in intensive systems, with less land use and use of inputs, becomes important. This highlights the hydroponic cultivation of green forage on organic substrates. Thus, the aim of the present study was to evaluate the production of green matter, dry matter production and chemical composition of hydroponic corn and soybeans, in inert substrates and doses of N under cover. Two experiments were conducted, at different times, at the Federal Institute of Science and Technology Education of Rondônia, Campus Cacoal, under greenhouse conditions. Experiment 1 was conducted in a completely randomized design, in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, consisting of 8 treatments with 4 replications, that is, 2 crops (100% corn and 75% corn + 25% soybean), 2 substrates (coffee husk and rice husk) and the presence or not of nitrogen fertilization in under cover. In experiment 2, only the rice husk substrate was used and 6 treatments, consisting of 3 crops (100% corn, 75% corn + 25% soybean and 50% corn + 50% soybean), with or without nitrogen fertilization in under cover. The plots had a useful area of 1.0m x 1.0m x 0.04m in depth. For experiment 1, the parameters related to chlorophyll content, green matter and dry matter of the material (substrate + seedlings) were evaluated on the 15th day after sowing, in addition to what was measured in experiment 1, in experiment 2 it was evaluated, also, the chemical composition of the material (substrate + seedlings). The data were submitted to analysis of variance, by the F test and the means compared to each other by the Tukey test ($\alpha = 0.05$), when significance was observed, using the computer software SISVAR. In experiment 1, the results obtained demonstrated that the relative chlorophyll content in the leaves did not change due to the substrates and nitrogen use in under cover in hydroponic corn at 15 days after sowing. For experiment 2. The levels of protein, ash and ether extract increased with the inclusion of 25% and 50% of soybean in a consortium with corn. The levels of Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF) were not influenced by the type of intercropping and nitrogen fertilization. The substrate rice husk is the most suitable for the production of hydroponic corn and the intercropping

between corn and soybean didn't alter the production of green and dry matter in a hydroponics system rice husk substrate.

Keywords: Nitrogen fertilization. Rice husk. Protein. Hydroponics. Rondônia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Canteiros utilizados no estabelecimento da área experimental..	14
Figura 2	- Área experimental em estabelecimento.....	14
Figura 3	- Limpeza, desinfecção e pré-germinação dos grãos de milho para a semeadura.....	16
Figura 4	- Cobertura dos grãos de milho com substrato inerte casca de café.....	17
Figura 5.	Área experimental estabelecida.....	17
Figura 6	- Canteiro experimental com substrato inerte casca de café.....	18
Figura 7	- Canteiro experimental com substrato inerte casca de arroz.....	18
Figura 8	- Pesagem da ureia para preparação da solução a 2% de N.....	19
Figura 9	- Avaliação do teor de clorofila, milho.....	20
Figura 10	- Avaliação do teor de clorofila, soja.....	21
Figura 11	- Resultado do material hidropônico produzido no experimento...	22
Figura 12	- Resultado do material hidropônico “enrolado” produzido no experimento.....	22
Figura 13	- Retirada de amostra de 10 x 10 cm.....	23
Figura 14	- Pesagem de amostra.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Distribuição dos tratamentos avaliados no experimento 1.....	12
Tabela 2	- Distribuição dos tratamentos avaliados no experimento 2.....	12
Tabela 3	- Composição química dos substratos orgânicos utilizados no experimento 1 e experimento 2.....	13
Tabela 4	- Valores de F e médias de matéria verde (kg/m ²), matéria seca (kg/m ²) e teor relativo de clorofila foliar obtidos no experimento 1, em dois substratos orgânicos em relação ao cultivo (100% milho ou 75% milho + 25% soja) e nível de nitrogênio (ausência ou presença).....	26
Tabela 5	- Desdobramento da interação substrato x nitrogênio para a produção de matéria verde, obtidos no experimento 1.....	28
Tabela 6	- Desdobramento da interação substrato x nitrogênio para a produção de matéria verde, obtidos no experimento 2.....	28
Tabela 7	- Valores de F e médias de matéria verde (kg/m ²), matéria seca (kg/m ²), teor relativo de clorofila foliar obtidos no experimento 2, no substrato casca de arroz em relação ao cultivo (100% milho; 75% milho + 25% soja ou 50% milho + 50% soja) e nível de nitrogênio (ausência ou presença).....	30
Tabela 8	- Valores de F e médias de composição bromatológica, em % da matéria seca, de cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, lignina, celulose, cinzas + sílica, obtidos no experimento 2, no substrato casca de arroz em relação ao cultivo (100% milho; 75% milho + 25% soja ou 50% milho + 50% soja) e nível de nitrogênio (ausência ou presença).....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Definições e características de sistema hidropônico com uso de substrato.....	15
2.2	Utilização de sistemas hidropônicos na produção animal.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Localização.....	21
3.2	Delineamento, área experimental e tratamentos.....	21
3.3	Avaliações e análises laboratoriais.....	30
3.4	Análises estatísticas.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Na colonização da região da Amazônia Legal no início dos anos 60, aproximadamente 15% da floresta original foi removida para a utilização da área com práticas agropecuárias, onde as pastagens cultivadas representavam 80% da área desmatada e a criação de bovinos o principal uso do solo. Atualmente, 47% das áreas de pastagens cultivadas estão presentes na região da Amazônia Legal, bem como os Estados detentores dos maiores rebanhos bovinos do Brasil. Ohashi *et al.* (2018) salientaram que 77% do crescimento do rebanho bovino do Brasil entre 1975 a 2017 ocorreu na região da Amazônia Legal, principalmente nos Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia.

O “novo” código florestal determina que em áreas de floresta Amazônica, a reserva legal seja de 80% da área total da propriedade, além de outras implicações quanto às áreas de preservação permanente, onde não é permitida a exploração econômica (OHASHI *et al.*, 2017). Nesse contexto, são necessários o desenvolvimento de tecnologias que permitam a produção de alimentos em sistemas intensivos com menor ocupação do solo, redução do uso de insumos agrícolas e abertura de novas áreas. Fatores como a necessidade de produção de alimentos para a população presente na Amazônia Legal, que representa 60% da área do território nacional (IBGE, 2020), a importância econômica da produção animal na região e a conservação ambiental obrigatória estabelecida pela código florestal brasileiro, justificam o uso de novas práticas agropecuárias.

Uma alternativa tecnológica para a produção de alimentos na produção animal é a utilização de sistemas hidropônicos, que consistem no cultivo de plantas sem uso do solo, com solução nutritiva na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais (BEZERRO NETO ; BARRETO, 2012). Rocha *et al.* (2014) afirmaram que a produção de forragem no sistema hidropônico é considerada como uma alternativa no incremento da produção animal. No atual contexto de sustentabilidade, a utilização de sistemas hidropônicos surge como opção economicamente interessante para pequenos e médios produtores de ruminantes (CÂMPELO *et al.*, 2007).

Os ruminantes têm por característica a capacidade de transformar alimentos fibrosos, resíduos diversos e compostos nitrogenados não proteicos em alimento de excelente qualidade (PATINO *et al.*, 2012). Segundo Salman *et al.* (2010), são considerados animais de alta eficiência digestiva, especializados na obtenção de

energia para seus processos fisiológicos e, conseqüentemente, para produção de carne, leite, couro e/ou lã.

A forragem hidropônica é constituída por vegetais de crescimento rápido, ciclo curto, grande rendimento de massa fresca e qualidade em termos nutricionais, e que pode ser produzida durante todo o ano. Seu aspecto, sabor, cor e textura conferem grande palatabilidade e digestibilidade (ROCHA *et al.*, 2014). Como principal gramínea de uso na produção animal, a produção hidropônica de milho (*Zea mays*) surgiu a partir da necessidade de obtenção de um alimento de boa qualidade e palatabilidade para períodos escassos na disponibilidade de pastagens nativas e/ou cultivadas, associadas a irregularidade e frequência das chuvas.

Aliando-se a utilização de subprodutos presentes na região com as técnicas de produção de forragem em sistemas hidropônicos, pode-se obter resultados satisfatórios na produtividade animal, devido à alta qualidade nutricional da forragem produzida e redução do custo de produção de dietas com a utilização de subprodutos.

De acordo com Salo (2019) a tecnologia de produção de forragem em sistemas hidropônicos para alimentação animal é especialmente importante em regiões onde a produção de forragem é limitada devido às condições ambientais (adversidades climáticas, restrições do uso da terra, etc.). A fim de buscar economicidade, a utilização de sistemas hidropônicos em regiões onde há abundante disponibilidade de material, favorece a aplicação do sistema na produção de alimento para ruminantes na Amazônia Legal.

Os resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos vegetais são uma alternativa para a alimentação de ruminantes e estão disponíveis, geralmente, no período de escassez de forragem verde. A capacidade de utilização dos mais variados subprodutos da agricultura ou da agroindústria, na alimentação de ruminantes é alto, em todo o País. (PATINO *et al.* 2012). Chaves *et al.*, (2014), confirma que as pesquisas têm buscado, alternativas alimentares que reduzam os custos na produção de animais.

Dentre os resíduos, a casca de arroz destaca-se pela produtividade no Estado de Rondônia. A safra de arroz em Rondônia foi de 137 mil toneladas em 2019 (CONAB, 2019). Dentre as regiões do país, especificamente na região norte, Rondônia se destaca como o terceiro maior produtor de arroz, sendo responsável por 11% do total produzido na safra 2018/2019, atrás apenas dos Estados do Tocantins e Pará.

De acordo com o Boletim nº 1, da EMBRAPA-RO (2018), Rondônia se destaca como o quinto maior produtor de café do Brasil e está entre os três maiores Estados produtores da espécie *Coffea canephora* (Conilon e Robusta). Em 2017 a produtividade estimada foi de 26,1 sacas de café beneficiadas por hectare. De acordo com a Emater-RO (2018), dentre os municípios com as maiores produções de café Conilon no Estado de Rondônia, destaca-se Cacoal com uma produtividade de 22 sacas por hectare, o que favorece a utilização de resíduos do beneficiamento do café em sistemas hidropônicos.

Apesar de todos os possíveis benefícios descritos da utilização de sistemas hidropônicos na alimentação animal na região Amazônica, Tranel (2013) e Wootton-Beard (2019) discutiram a importância do planejamento desses sistemas, já que o custo de produção e o investimento em capital inicial, comparado à outros sistemas de cultivo pode inviabilizar a implantação. Além disso, determinar as condições de cultivo (temperatura, umidade relativa, tipo de substrato, etc.), bem como a produtividade e qualidade nutricional da forragem produzida é fundamental para estabelecer manuais e/ou protocolos de produção à pequenos e médios produtores, devido às peculiaridades climáticas da região Amazônica.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição bromatológica, produção de matéria verde e produção de matéria seca (substrato + plântula) das forrageiras milho e soja produzidos em sistema hidropônico aberto com suprimento diário de água utilizando-se dois substratos orgânicos de abundância regional (casca de café e casca de arroz) e dois níveis de adubação nitrogenada (com ou sem) em cobertura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O processo de ocupação e colonização do Estado de Rondônia remete-se ao início do século XVII, no antigo território do Guaporé, e os primeiros registros oficiais de bovinos na região datam do ano de 1970, com a construção da Rodovia Transamazônica e da BR-364, quando o Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) iniciou o processo de colonização por projetos integrados de assentamento e ocupação humana, e com o objetivo de efetivar a política de desenvolvimento da Região Amazônica. No aspecto social a criação de bovinos em Rondônia teve uma grande contribuição no processo de fixação de inúmeras famílias no campo (ARAGÃO *et al.*, 2014).

Rondônia apresenta uma economia tradicionalmente voltada para a atividade agropecuária, que corresponde à cerca de 42 a 45 % do PIB (Produto Interno Bruto) deste Estado. Atualmente, a pecuária individualmente, responde por aproximadamente 66% desde total (SEAPES, 2016). A atividade que mais se destaca na pecuária rondoniense é a bovinocultura de corte, que assume grande importância para os setores produtivos de carne e derivados. O Estado possui um rebanho de aproximadamente 13 milhões de animais, segundo dados da Agência de Defesa Agrossivopastoril do Estado de Rondônia (IDARON-RO, 2017), sendo o oitavo maior produtor de carne bovina do país, o que representa 47% das vendas totais, sendo o 5º maior exportador de carne no Brasil (EMATER-RO, 2017).

A criação de pequenos animais pela agricultura familiar no Estado de Rondônia é uma atividade tradicional, o que garante a diversificação da produção no campo e complementação da renda dos agricultores. Segundo dados da IDARON-RO (2017), Rondônia possui 3 milhões de aves, 230 mil suínos e 108 mil de ovinos, presentes em aproximadamente 45 mil propriedades, das quais 85% são de base familiar, onde a criação de pequenos animais encontra um cenário favorável para sua exploração.

A bovinocultura é uma atividade que demanda grande quantidade de alimentos, e naturalmente tende a ter maiores problemas nos períodos de secas. Enquanto que a produção de animais de pequeno porte, como os ovinos, responde com maior eficiência produtiva e menor custo quando comparado à bovinocultura (EMBRAPA, 2017).

Na região Norte, um fator atrativo para a o desenvolvimento da pecuária de grandes e/ou pequenos ruminantes está relacionada às condições climáticas dessa

região com temperaturas praticamente constantes ao longo do ano, ausência de geadas e períodos secos relativamente menores e menos severos do que em outras regiões do Brasil. Tais condições permitem que a pastagem seja considerada com a base alimentar dos animais (DIAS-FILHO, 2014).

O uso de pastagens para ruminantes tem sido o meio considerado o mais econômico no que diz respeito a alimentação. Contudo, essa eficiência só é possível se o manejo e a utilização da pastagem for feita respeitando-se suas características fisiológicas, exigências climáticas e de fertilidade do solo (CARVALHO, 2017); Estima-se que em torno de 50% das pastagens brasileiras estariam degradadas, 30% “em degradação” e 20% não degradadas e que a ocorrência de pastagens degradadas é maior nas regiões de fronteira agrícola (Norte, Nordeste e Centro-Oeste) (DIAS-FILHO, 2016).

Como desafios para aumentar a produtividade animal na região Amazônica, Ohashi *et al.* (2019) discorreram que a atividade pecuária nessa região necessita de adequações às legislações ambientais vigentes, já que encontra-se, atualmente, no centro de discussões nacionais e internacionais em relação à agressão ambiental e possui grande importância econômica para o país.

2.1 Definição e características de sistemas hidropônicos com uso de substrato

Sistemas hidropônicos são definidos como cultivo sem uso de solo (*soiless*), no qual o suprimento de água e minerais é realizado através de soluções nutritivas com ou sem crescimento de meio de cultivo, podendo ser divididos em sistemas fechados ou abertos (MAUCIRIERI *et al.*, 2019). Dependendo da espécie a ser produzida, o “tapete” forrageiro pode atingir acima de 20 cm de altura com produção de aproximadamente 7 a 9 kg de matéria verde, composto por raízes, sementes, plantas e substrato (GIRMA; GERBRAMARIAN, 2018).

As vantagens do uso de sistemas hidropônicos são baseadas em: 1) menor infestação por patógenos característicos com uso de solo; 2) crescimento e produção são independentes do tipo ou área de solo; 3) melhor controle de crescimento através do suprimento ótimo com solução nutritiva; 4) aumento da qualidade através de maior controle dos parâmetros produtivos (temperatura, umidade relativa, água, doenças). Também são relatados como diferencial na produção de forrageiras em sistemas

hidropônicos, a produção de forragem livre de hormônios, antibióticos, pesticidas ou herbicidas (NAIK *et al.*, 2013).

A diferença entre sistemas fechados e abertos consiste na reutilização (sistemas fechados) ou não (sistemas abertos) da água e solução nutritiva. Com relação à economicidade e sustentabilidade, os sistemas fechados são mais vantajosos, pois, permitem a reutilização de material, reduzindo a quantidade de resíduos. Porém, para que sejam eficientes, é necessário que haja alta qualidade da água a ser utilizada no sistema, alto investimento em instalações, além de estar sujeito à dispersão de patógenos pela recirculação de água e solução nutritiva no sistema (MAUCIRIERI *et al.*, 2019).

Os substratos utilizados no sistema hidropônico podem ser classificados como: fibrosos (orgânicos ou inorgânicos), que possuem diferentes tamanhos de fibras com alta capacidade de retenção de água (80%) e substratos granulares, os quais são geralmente inorgânicos e são caracterizados por diferentes tamanhos de partículas e texturas, com baixa capacidade de retenção de água (10% a 40%) (MAHER *et al.*, 2008).

Enzo *et al.* (2001), Maher *et al.* (2008) e Maucirieri *et al.* (2019) discutiram sobre as características ideais do substrato para que seja utilizado em um sistema hidropônico considerando como principais pontos: porosidade, capacidade de retenção de água, capacidade de troca de cátions, pH, segurança, sustentabilidade e custo. De acordo com os autores, a porosidade ideal deve ser de no mínimo 75%, variando entre macro (15% a 35%) e microporos (40% a 60%), com resistência à compactação e redução de volume durante a fase de desidratação do material. A capacidade de retenção de água ideal é de 30% a 40% do volume aparente, de forma que, assegura umidade à cultura sem promover a asfixia da raiz (KIPP *et al.*, 2001).

Materiais orgânicos possuem maior capacidade de troca de cátions e poder tampão que substratos minerais, assegurando assim uma maior retenção de cátions na superfície das partículas do substrato. O parâmetro pH deve ser ajustado conforme a especificidade da cultura e a qualidade da água (água ricas em carbonatos, por exemplo) a ser utilizada na irrigação. A segurança do substrato é garantida pela ausência de patógenos, pesticidas e plantas invasoras, sendo que materiais industrialmente produzidos (argila ou vermiculita expandida, por exemplo) possuem alto nível de esterilidade, devido às altas temperaturas (acima de 800°C) aplicadas ao material durante o processamento industrial. É necessário que o substrato seja de

baixo custo e aliado a isso, tenha capacidade de redução de produção de resíduos, ou seja, seja sustentável. Mauciriei *et al.* (2019) discorreram que os substratos, além de possuírem todos os parâmetros adequados acima descritos, devem ser originários de materiais ecológicos e/ou biodegradáveis.

Como potenciais substratos orgânicos, inorgânicos e sintéticos utilizados para a produção de forragem em sistemas hidropônicos destacam-se: casca de café, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, capim elefante (*Pennisetum purpureum*) picado, turfa, fibra de coco, palhadas e fenos em geral, areia, vermiculita, perlita, zeolita, argila expandida e poliestireno expandido ou não (CAMPÊLO *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2008; PICOLO *et al.*, 2013; MAUCIRIERI *et al.*, 2019).

Schafhäuser *et al.* (2012) discorreram que a palha do arroz, apesar de ter baixo valor nutricional, é utilizada na alimentação animal há muito tempo, em função do grande volume produzido após colheita e estar disponível em um período de escassez de forragens para o animal. É considerado um substrato importante em sistemas hidropônicos. A casca do arroz, possui elevadas quantidade de sílica e lignina, caracterizando baixa digestibilidade e baixo valor nutritivo, onde na maioria das vezes para ser fornecida aos animais é moída e adicionada ao farelo de arroz, podendo ser usada por ruminantes em até 20% da ração (BARBOSA, 2004). Segundo Schafhäuser *et al.* (2012), quando a casca do arroz for utilizada na forma inteira, sem nenhuma forma de moedura, o tempo de fornecimento ao animal não deve ultrapassar 60 dias, com o objetivo de diminuir o risco de lesões do aparelho digestivo.

A casca de café é alimento fibroso, com teores de proteína bruta equivalente aos do milho. Contém, em torno de 21% de carboidratos não fibrosos, constituído de pectina, que é um carboidrato com alta taxa de degradação no rúmen (TAVARES, 2003). Rocha *et al.* (2006) comentaram que a casca do café tem sido um dos resíduos agrícolas mais avaliados em termos de alimentação para ruminantes, devido a disponibilidade nas regiões produtoras.

De forma geral, a produção de forragem em sistemas hidropônicos melhora sua composição bromatológica, uma vez que produz material verde e fresco ao longo do ano, com baixo teor de lignina, reduzindo também a exigência de fornecimento de concentrado aos animais (DUNG *et al.*, 2010). A composição média de forrageira de milho produzida em sistema hidropônico consiste em: 76% de matéria seca, 10,55% de proteína bruta, 5,51% de carboidratos fibrosos e 4,61% de extrato etéreo (SHIT, 2019).

Girma e Gebramariam (2018) realizaram extensa revisão sobre a composição bromatológica de forragem produzida em sistema hidropônico. Segundo os autores, o processo de germinação cataboliza amido em açúcares solúveis, para atendimento das necessidades fisiológicas da planta. Porém, o conteúdo de extrato etéreo aumenta devido ao aumento de lipídeos estruturais e clorofila, conforme o crescimento da planta. Verifica-se também, aumento no conteúdo de ácido graxo linoleico, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e dos teores de cinzas a partir do quarto dia de crescimento. Os conteúdos de energia bruta, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais reduzem, devido à captação energética da planta durante a respiração celular (GIRMA; GEMBRAMARIAM, 2018; PRAFULA *et al.*, 2015). Com relação ao teor de nitrogênio, a solução nutritiva é diretamente responsável pela melhoria do teor de proteína bruta do material, estando assim, associado à qualidade da água.

Algumas enzimas são importantes para o desenvolvimento inicial da planta. Por exemplo, as enzimas digestivas nos brotos ajudam como catalisadores biológicos na digestão de proteínas, gorduras e carboidratos, sendo da germinação aos sete dias, considerado o maior período de atividade enzimática. Se os grãos de cereais estão longe de germinar, as enzimas permanecem ativas devido aos inibidores. Esses inibidores evitam a deterioração das sementes por anos. No entanto, inibidores como a tripsina na soja devem ser aquecidos, cozidos e/ou triturados para inativação antes do fornecimento aos bovinos, pois classicamente interferem no processo digestivo e aproveitamento nutricional (SHIPARD *et al.*, 2005).

Para garantir a qualidade da forragem produzida, deve-se observar se não houve contaminação por microrganismos antes do fornecimento aos animais. McKenzie *et al.* (2004) citado por Shit (2019) descreveram que ruminantes alimentados com forrageiras contaminadas por *Aspergillus clavatus*, poderão apresentar ataxia, marcha rígida, paresia, hipersensibilidade, convulsões crônicas, diminuição na produtividade (produção de leite e ganho de peso) e possivelmente morte.

2.2 Utilização de sistemas hidropônicos na produção animal

A viabilidade de utilização de forrageiras produzidas em sistemas hidropônicos na alimentação animal é bem descrita na literatura, principalmente para bovinos de

leite e em países em desenvolvimento (PRAFULA *et al.*, 2015; GIRMA; GEBRAMARIAM, 2018). A bovinocultura leiteira pode ter caráter de produção familiar em alguns países, assim a produção de forragem em sistema hidropônico apresenta-se eficiente, devido ao reduzido número de animais e menor produção de alimentos para atendimento da atividade. Prafulla *et al.* (2018) relataram aumentos de 8% a 13% na produção de leite com o fornecimento de forragem hidropônica, justificando a utilização da tecnologia devido ao baixo custo de materiais em locais aonde a produção convencional de forragem a campo é limitada.

Porém, os resultados são contraditórios na literatura. Fazaeli *et al.* (2011) não encontraram benefícios da utilização de cevada produzida em sistema hidropônico na alimentação de bezerros holandeses cruzados mantidos em sistema de confinamento. Os autores detectaram que a dieta ao final do processo de terminação não diferiu significativamente do tratamento controle no desempenho dos animais, sendo economicamente de alto custo, devido à implantação do sistema.

Tranel (2013) avaliou a viabilidade produtiva e econômica de forrageiras produzidas em sistemas hidropônicos e determinou um custo de \$0,80 por quilo de matéria verde produzida, considerando fatores como investimento inicial, custo da semente, custo com mão de obra e água. Segundo os autores, esse custo é comparado a de um feno de boa qualidade, sendo considerado de alto custo, principalmente para produtores de leite. Apesar dos altos custos, a produção hidropônica pode ter grande aplicação em sistemas orgânicos, intensivos, criações pequenas com pequena escala de produção ou em áreas com alto valor da terra ou preços alternativos de alimentos.

Dados de produção e viabilidade econômica em vacas leiteiras são limitados a determinar se as características do alimento modificam a produção ou condição corporal o bastante para garantir os custos adicionais. Devido às mudanças nas características da forragem (menos amido, mais açúcares simples, vitaminas e lisina), outras espécies não-ruminantes (equinos, suínos e aves) poderiam se beneficiar da forrageira produzida nesse sistema (TRANDEL, 2013).

Em ampla revisão sobre os efeitos da alimentação sobre a produção de leite e ganho de peso de bovinos recebendo forragem produzida em sistema hidropônico, Shit (2019) reportou aumento na produção de leite variável de 10,07% até 13,73%. Além disso, o autor discutiu sobre os resultados apresentados na literatura sobre em

relação ao aumento no teor de extrato etéreo do leite e qualidade microbiológica com suplementação com forragem hidropônica.

A indicação de fornecimento de forragem produzida em sistema hidropônico para vacas em lactação é de aproximadamente 25 kg por dia, baseado no *status* fisiológico da vaca, podendo ser ajustado conforme o fornecimento de concentrados proteicos ou energéticos. Quanto ao desempenho na produção de carne de cordeiros, a forragem produzida em sistema hidropônico, favoreceu o ganho de peso positivamente, devido à alta concentração de enzimas bioativas e ingredientes que melhoram o sistema imune (NAIK; SINGH, 2013). Shit (2019) relata, um incremento de 200 g no ganho de peso médio de bovinos, alcançado através do fornecimento de forragem hidropônica, associada a dietas convencionais em sistemas de produção à pasto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos: *Experimento 1*, para a avaliação da produtividade dos substratos utilizados e determinação das condições de manejo do sistema de hidroponia com milho e soja e *Experimento 2* para a avaliação da produtividade e composição química das forrageiras cultivadas no substrato casca de arroz, com base nas condições experimentais avaliadas no *Experimento 1*.

3.1 Localização

Ambos os experimentos foram conduzidos no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus* Cacoal. O município de Cacoal é um dos 52 municípios de Rondônia, localizado na região central do Estado. A temperatura média anual em Cacoal é 24,0 °C e a pluviosidade média anual é 1899 mm (CLIMATE.DATA.ORG, 2019).

Rondônia, integrante da Amazônia Legal, possui uma superfície de aproximadamente 240 mil quilômetros quadrados. Faz divisa ao sul, com a Bolívia; a leste, com o Estado do Mato Grosso; a oeste com o Acre; o seu vizinho ao norte é o Amazonas. O clima na região, de acordo com Köppen é classificado como Aw ou clima tropical com estação seca, também conhecido por tropical de estações úmida e seca ou ainda tropical semi-úmido. Apresenta notável amplitude térmica diurna, especialmente no inverno, grande diferença na precipitação durante o ano, devido ao período de seca que se caracteriza entre os meses de maio a setembro.

O *Experimento 1* desenvolveu-se no período de maio a junho de 2018 e o *Experimento 2* de 08 a 30 de novembro de 2018.

3.2 Delineamento, área experimental e tratamentos

Experimento 1

O experimento 1 foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), distribuídos em esquema fatorial 2x2x2, sendo: a) dois substratos orgânicos (casca de café e casca de arroz); b) duas situações de cultivo (100% de grãos de milho cultivado; consórcio de 75% grãos de milho e 25% grãos de soja); c) presença e ausência de adubação nitrogenada em cobertura (solução de uréia à 2%). Constituiu-

se, assim, de 8 tratamentos com 4 repetições, totalizando 32 parcelas na área experimental, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos avaliados no experimento 1.

Tratamentos	Substrato	Nitrogênio cobertura	Consórcio
1	Casca de café	Ausência	100 % Milho
2	Casca de café	Ausência	75% Milho + 25% soja
3	Casca de café	Presença	100 % Milho
4	Casca de café	Presença	75% Milho + 25% soja
5	Casca de arroz	Ausência	100 % Milho
6	Casca de arroz	Ausência	75% Milho + 25% soja
7	Casca de arroz	Presença	100 % Milho
8	Casca de arroz	Presença	75% Milho + 25% soja

Fonte: O autor.

Experimento 2

O experimento 2 foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), distribuídos em esquema fatorial 3x2, sendo a) 3 situações de cultivo (100% de grãos de milho cultivado; consórcio de 75% grãos de milho e 25% grãos de soja e 50% de grãos de milho e 50% de grãos de soja) e b) presença e ausência de adubação nitrogenada em cobertura (solução de uréia à 2%). Constituiu-se, assim, de 6 tratamentos com 4 repetições, totalizando 24 parcelas na área experimental, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição dos tratamentos avaliados no experimento 2.

Tratamentos	Substrato	Nitrogênio cobertura	Consórcio
1	Casca de arroz	Ausência	100 % Milho
2	Casca de arroz	Ausência	75% Milho + 25% soja
3	Casca de arroz	Ausência	50% Milho + 50% soja
4	Casca de arroz	Presença	100 % Milho
5	Casca de arroz	Presença	75% Milho + 25% soja
6	Casca de arroz	Presença	50% Milho + 50% soja

Fonte: O autor.

A composição química dos substratos orgânicos utilizados nos dois experimentos apresenta-se na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química dos substratos orgânicos avaliados nos experimentos.

Nutrientes ¹	Casca de café ²	Casca de arroz ²
MS, %	87,14	89,58
PB, %	10,50	3,20
FB, %	41,53	41,14
FDA, %	64,10	68,98
FDN, %	61,70	ND ³
EE, %	1,10	ND
MM, %	6,93	9,72
NDT, %	50,14	ND ³

¹MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FB: Fibra bruta; FDA: Fibra em detergente ácido; FDN: Fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; NDT: Nutrientes digestíveis totais;

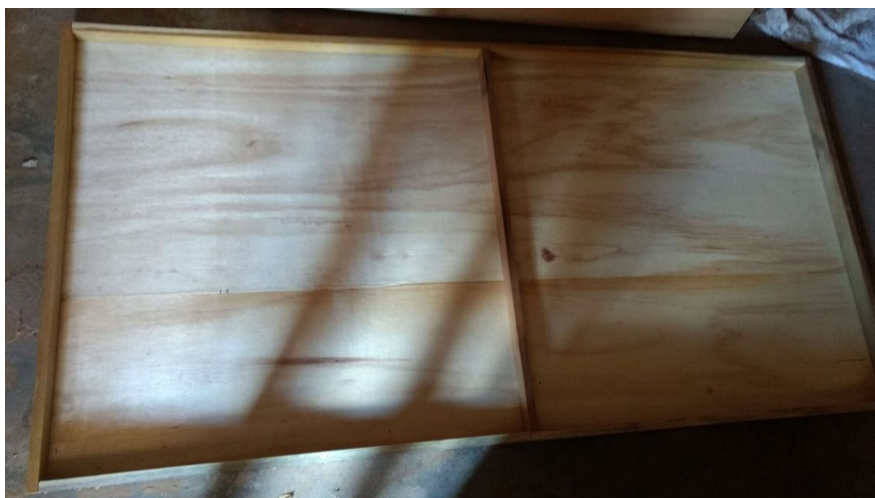
²Composição química conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (CQBAL 4.0, 2020).

³Não disponível;

Para o estabelecimento da área experimental, foram utilizados canteiros instalados em casa de vegetação do tipo estufa, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), ambiente controlado à precipitação, numa área total de 12,0 m x 6,0 m, longitude 61°22'43,95"W, latitude 11°28'53,81"S e altitude=184m.

Os canteiros foram confeccionados em madeira serrada, com fundo em placa de fibra de média densidade (MDF) com dimensões de 1,0 m x 1,0 m, com 0,04 m de profundidade (Figura 1), revestidos com filme de polietileno preto de 150 µm. Em uma das extremidades dos canteiros, foi feito um corte longitudinal na parede, para favorecer a drenagem do excedente de água da irrigação, bem como a instalação dos canteiros com declividade de 2%. Os canteiros permaneceram instalados ao nível do solo na casa de vegetação (Figura 2).

Figura 1. Canteiros utilizados no estabelecimento da área experimental. Cacoal, - RO 2018.



Fonte: O autor.

Figura 2. Área experimental em estabelecimento. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Para o processo de semeadura, durante o estabelecimento do sistema de cultivo em hidroponia (produção das forrageiras), foram utilizados grãos de milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*), e não sementes comerciais. Os grãos de milho e soja foram adquiridos de produtores locais (região de Cacoal) no mês de março de 2018, portanto, não houve escolha das variedades estudadas na pesquisa. Optou-se pela utilização de grãos das forrageiras, devido à facilidade de aquisição destes, por

pequenos produtores, objetivando assim, simular condições de replicação do estudo à campo, com variedades de grãos comercializadas na região.

O cultivo dos grãos de milho e soja foram realizados conforme metodologia proposta por Oliveira (1998), que consistiu na semeadura do milho em sistema de hidroponia em substratos inertes com irrigação em sistema passivo por inundação. Foram utilizados os substratos inertes casca de café (SCC) e casca de arroz (SCA), os quais são facilmente encontrados na região e em locais de beneficiamento de café e arroz.

Os grãos de milho foram utilizados na proporção de 2 kg m⁻² de canteiro (13% de umidade – base úmida). Inicialmente, os grãos foram lavados em água corrente e em seguida, colocados em solução de água + hipoclorito de sódio (2,0% v/v). Logo após a imersão dos grãos na solução de água + hipoclorito, foi realizada drenagem da solução e os grãos colocados em imersão em água e deixados nesta condição por 24 horas, como processo de pré-germinação (Figura 3). A água foi substituída com o objetivo de evitar perdas pelo processo fermentativo. Ao final deste período, a água foi drenada tornando os grãos prontos para semeadura nos canteiros. Anteriormente à semeadura, foi realizada a desinfecção dos grãos de soja, semelhante ao realizado para os de milho, excetuando-se o período de pré-germinação, ou seja, foi realizada a lavagem em água corrente com imersão em solução de água + hipoclorito. Em seguida, foi realizada a drenagem da solução e os grãos ficaram aptos para a semeadura.

Figura 3. Limpeza, desinfecção e pré-germinação dos grãos de milho para a semeadura. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

No consórcio milho e soja, foram utilizados 0,5 kg de soja e 1,5 kg de milho m^{-2} no experimento 1 e no experimento 2 além da taxa de semeadura acima citada, também foi avaliado 1,0 kg de soja e 1,0 kg de milho m^{-2} . Os grãos de milho e/ou soja nos respectivos tratamentos foram distribuídos em camada homogênea (2,0 cm) sobre os substratos previamente umedecidos (irrigados no momento da semeadura) e em seguida, cobertos com uma nova camada de substrato de também de aproximadamente 2,0 cm (Figura 4). A quantidade em massa utilizada foi a mesma determinada para a aplicação do substrato antes da semeadura. Ao todo, foram utilizados aproximadamente 6 kg de substrato por parcela (Figura 5, Figura 6 e Figura 7). Em seguida, os canteiros foram novamente irrigados com 2 litros de água, por parcela.

Figura 4. Cobertura dos grãos de milho com substrato inerte casca de café. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 5. Área experimental estabelecida. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 6. Canteiro experimental com substrato inerte casca de café. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 7. Canteiro experimental com substrato inerte casca de arroz. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Para a aplicação do nitrogênio em cobertura, preparou-se uma solução a 2% de uréia (Figura 8), e aplicou-se na forma de irrigação, utilizando-se um regador, 1,0 L da solução por m^2 . Em seguida, para evitar a queima das folhas, aplicou-se mais 1,0 L por m^2 de água. A aplicação de nitrogênio nos respectivos tratamentos foi realizada no 10º dia após semeadura (DAS). Com a aplicação de N, pretendeu-se fornecer para as plântulas a dose equivalente de 90 kg ha^{-1} de N. Nas parcelas onde não houve aplicação de nitrogênio, foi realizada a aplicação de água. Essas aplicações foram realizadas no período da manhã e apenas foi realizada a irrigação de todas as parcelas, no período do dia seguinte. Nos dias anteriores e posteriores a aplicação de N em cobertura, durante a condução dos experimentos os canteiros receberam apenas água (Experimento 1 = $2,0 \text{ L m}^{-2}$; Experimento 2 = $4,0 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) sendo a semeadura considerada o dia 0 do experimento.

Figura 8. Pesagem da ureia para preparação da solução a 2%. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

3.3 Avaliações e Análises laboratoriais

Todas as avaliações foram realizadas no 15º dia após a semeadura (DAS), no período da manhã. Foram realizadas em ambos os experimentos a avaliação do teor relativo de clorofila, produção de matéria verde e seca do material produzido e análise química-bromatológico (realizada somente no Experimento 2). As análises foram desempenhadas conforme protocolos descritos a seguir:

a) Teor relativo de clorofila: nas plantas ainda nos canteiros, realizou-se as leituras de clorofila foliar (ICF) utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker). As leituras foram realizadas em 10 plântulas por parcela. Nas parcelas com apenas milho, as leituras foram realizadas na primeira folha de cada plântula. (Figura 9). No consórcio foram avaliadas 10 plântulas de milho e 10 plântulas de soja, no caso das plântulas de soja, as leituras foram realizadas em uma das folhas unifoliadas (Figura 10). A média das leituras foi realizada de acordo com a quantidade de plântulas (milho ou milho + soja) avaliadas por parcela.

Figura 9 – Avaliação do teor de clorofila, milho. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 10 – Avaliação do teor de clorofila, soja. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

b) Produção de matéria seca e análises químico-bromatológicas. De todo o material produzido em cada parcela (substrato + plântulas) (Figura 11 e Figura 12), foi pesado para a determinação da produção de matéria verde por área, uma amostra (10 x 10 cm) (Figura 13 e Figura 14) desse material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h, com posterior pesagem para determinação do teor de umidade e matéria seca produzida (SILVA; QUEIROZ, 2002). Nas amostras obtidas no experimento 2, após a secagem o material foi moído em moinho de faca do tipo Wiley passando-se por uma peneira de 1 mm. Posteriormente, foram realizadas as análises químico-bromatológicas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) conforme metodologias compiladas por Silva e Queiroz (2002).

Figura 11 – Resultado do material hidropônico produzido no experimento. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 12 – Resultado do material hidropônico “enrolado” produzido no experimento. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 13 – Retirada de amostra de 10 x 10 cm. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

Figura 14 – Pesagem de amostra. Cacoal – RO, 2018.



Fonte: O autor.

3.4 Análises estatísticas

Experimento 1

Os dados de teor relativo de clorofila, produção de matéria verde e seca obtidos no *Experimento 1* foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado distribuídos em esquema fatorial (2 x 2 x 2) através de análise de variância (ANAVA), teste F e utilizou-se o teste de Tukey ($\alpha=0,05$) para comparação das médias quando observada significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* computacional SISVAR (FERREIRA, 2019).

Experimento 2

Os dados de teor relativo de clorofila, produção de matéria verde e seca e composição bromatológica obtidos no *Experimento 2* foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado distribuídos em esquema fatorial (3x2) através de análise de variância (ANAVA), teste F, utilizando-se o teste de Tukey ($\alpha=0,05$) para comparação das médias quando observada significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* computacional SISVAR (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Na Tabela 4 encontram-se os valores de F obtidos na análise de variância e as médias do teor relativo de clorofila e massa da matéria verde e seca do material hidropônico produzido, em função dos tratamentos avaliados no experimento 1.

Verifica-se que para a massa da matéria verde e seca, do material hidropônico, houve efeito de substrato, taxa de semeadura e nitrogênio, bem como a interação entre substrato e nitrogênio. Quanto ao teor relativo de clorofila foliar, não houve efeito dos tratamentos. No momento da avaliação do teor relativo de clorofila foliar (15 dias após semeadura), as plântulas encontravam-se em média, entre os estádios fenológicos V1 - V2. Para determinações nesta fase, dificilmente são encontrados trabalhos na literatura, como referência para a comparação com os resultados obtidos. As plântulas nestes estádios, caracterizam-se com presença de raízes seminais e quase que exclusivamente dependentes das substâncias de reservas presentes nas sementes.

Os valores obtidos, em média dos tratamentos, estão próximos a 29. Souza *et al.* (2015), avaliando o comportamento da leitura de clorofila e os teores de N nos estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (V3 a V10), verificaram que o maior valor da leitura foi encontrado no estágio V7 de desenvolvimento (62,38) e o menor, no estádios V3 (35,65), correspondendo a um teor foliar de N de 33,7 e 21,3 g kg⁻¹, respectivamente. Segundo os autores, citando Magalhães *et al.* (2002), no estágio V3 as folhas e as raízes do milho estão em início de crescimento e a planta absorve pouco N, refletindo na baixa concentração de clorofila foliar.

Argenta *et al.* (2001) objetivando avaliar a relação entre leitura do clorofilômetro com teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha em três estádios de desenvolvimento da planta de milho, submetidas a diferentes sistemas de manejo de nitrogênio em cobertura, verificaram que a leitura pelo clorofilômetro pode substituir, com boa precisão, as determinações tradicionais do teor de clorofila. Nos estádios de 6 a 7 folhas, as leituras variaram entre 44 e 49, correspondendo a um teor de clorofila total entre 100 a 120 µg cm⁻². No entanto, nestes estádios fenológicos (6 a 7 folhas), os autores observaram relação positiva entre leitura do clorofilômetro e teor de N nas folhas de milho, situação contrária foi observada nas avaliações nos estádios de 10 a

11 folhas ou espigamento, ou seja, houve uma relação linear positiva entre as duas variáveis.

Tabela 4 - Valores de F e médias de matéria verde (kg/m²), matéria seca (kg/m²) e teor relativo de clorofila foliar obtidos no experimento 1, em função de substratos orgânicos, taxa de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura. Cacoal – RO, 2018.

Tratamentos	Matéria verde ----- kg m ⁻² -----	Matéria seca	Teor relativo de clorofila foliar
Substrato (S)			
Casca de café	5,95 b	2,45 b	29,82 a
Casca de arroz	10,76 a	3,67 a	28,83 a
DMS	1,68	0,86	2,32
Taxa semeadura (T)			
100% milho	10,99 a	3,81 a	29,82 a
75% milho + 25% soja	5,72 b	2,31 b	28,79 a
DMS	1,68	0,86	2,32
Nitrogênio (N)			
Sem	10,25 a	3,50 a	28,26 a
Com	6,46 b	2,62 b	30,39 a
DMS	1,68	0,86	2,32
Teste F			
S	3,50**	0,85**	0,77 ^{ns}
T	4,20**	1,30**	0,69 ^{ns}
N	2,12**	0,44*	3,60 ^{ns}
S x T	0,01 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,13 ^{ns}
S x N	0,64*	1,27**	1,26 ^{ns}
T x N	0,02 ^{ns}	0,23 ^{ns}	3,76 ^{ns}
S x T x N	0,11 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Média Geral	8,35	3,06	29,32
CV(%)	27,51	18,66	10,08

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ** significativo p<0,01; * significativo 0,01<p<0,05; ^{ns}: não significativo.

Assim, os valores observados quanto ao teor relativo de clorofila foliar foram inferiores aos encontrados por Argenta *et al.* (2001) e Souza *et al.* (2015), provavelmente por terem sido avaliados em estádios fenológicos anteriores aos utilizados por estes autores. Entretanto, verifica-se que as leituras não diferiram em função dos substratos utilizados, uso da taxa de semeadura de milho + soja ou aplicação do N em cobertura aos 10 dias após a semeadura. Desta forma, através desta avaliação, verifica-se que não há resposta do conteúdo relativo de clorofila ao N aplicado em cobertura, bem como, qualquer dos substratos avaliados, podem ser utilizados para a produção de milho hidropônico, sem qualquer efeito neste parâmetro, desde que o período de produção seja de 15 dias entre a semeadura e a colheita.

Com relação a produção de massa da matéria verde e seca do material hidropônico, verifica-se que houve efeito de todos os tratamentos e interação entre substrato e nitrogênio. Também verifica-se que, na comparação entre 100% milho e 75% milho + 25% soja, obteve-se maiores valores de matéria verde e seca no tratamento 100% milho. Atribui-se a menor produção de matéria verde e seca para o consórcio em função da baixa germinação dos grãos de soja utilizados e por estes terem substituídos 25% da quantidade de grãos de milho, neste tratamento.

Quanto ao desdobramento da interação substrato x nitrogênio para produção de massa da matéria verde (Tabela 5), verifica-se que com o substrato casca de arroz, independente do uso ou não de N em cobertura, obteve-se maior valor para matéria verde. Com relação a matéria seca, essa diferença foi observada somente no tratamento com presença de N em cobertura (Tabela 6).

Tabela 5 - Desdobramento da interação substrato x nitrogênio para a produção de matéria verde do material hidropônico, obtido no experimento 1. Cacoal – RO, 2018.

Substrato	Nitrogênio		DMS
	Sem	Com	
	----- kg m ⁻² -----		
Casca de café	8,88 bA	3,03 bB	2,37
Casca de arroz	11,63 aA	9,89 aA	
DMS	2,37		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Desdobramento da interação substrato x nitrogênio para a produção de matéria seca do material hidropônico, obtido no experimento 1. Cacoal – RO, 2018.

Substrato	Nitrogênio		DMS
	Sem	Com	
	----- kg m ⁻² -----		
Casca de café	3,64 A	1,26 bB	1,22
Casca de arroz	3,36 A	3,98 aA	
DMS	1,22		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Admite-se que, em função de uma provável maior retenção de água pela casca de café, pode ter favorecido a uma maior proliferação de microrganismos patogênicos, prejudicando assim a germinação dos grãos de milho ou milho e soja no consórcio. No substrato casca de arroz, apesar de aparentemente manter reter uma menor concentração de água, observou-se melhor germinação, principalmente com relação aos grãos de milho.

Piccolo *et al.* (2013), visando produção de forragem verde hidropônica de milho, trabalharam com os substratos orgânicos bagaço de cana-de-açúcar, casca de café e palha de capim elefante cv. Napier e um tratamento testemunha sem substrato. A densidade de semeadura utilizada foi de 2,5 kg m⁻² de sementes de milho pré-germinadas e a colheita ocorreu aos 15 dias após a semeadura. Observaram os

autores que os melhores substratos foram o capim Napier e o bagaço de cana, em termos de produção de matéria seca da parte aérea. Citam os autores que essa maior produção de matéria seca com esses substratos pode ser devido as melhores características físico-químicas dos mesmos, em comparação ao substrato casca de café. No presente experimento, também observou-se a menor produção de matéria verde com o substrato casca de café, quando comparada com a produção obtida com o substrato casca de arroz.

Segundo os autores, citando Pires *et al.* (2010), a casca de café pode promover o crescimento de plantas de feijão, soja e alface e redução do crescimento de plantas de milho e trigo. Ainda citam, que isso provavelmente acontece em função do efeito da alelopatia na presença de um alcaloide aleloquímico denominado xantina cafeína.

Piccolo *et al.* (2013) também não observaram resposta da produção de matéria seca da parte aérea do milho hidropônico, a aplicação de água residual, obtida a partir da criação de bovinos (fezes), enriquecida com diferentes percentuais de N, atribuindo esse resultado ao período de condução do experimento, ou seja, apenas 15 dias. Essa não resposta do milho hidropônico a presença de N também foi verificada no presente experimento, com o mesmo tempo de duração.

No cálculo da produção de matéria seca, quando considera a somatória da planta toda e o substrato utilizado, são encontrados valores na literatura de até 4,86 kg m⁻², ou seja, 48,6 t ha⁻¹ (PICCOLO *et al.*, 2013). Flores (2009), trabalhando com diferentes taxas de semeadura (1, 2 e 3 kg de sementes de milho m⁻²) conseguiu produzir ao redor 4,0 e 3,0 kg m⁻² de matéria seca, com colheita aos 10 e 17 dias após semeadura respectivamente.

Considerando um dado médio de 3,06 kg m⁻² obtido como substrato casca de arroz nesse experimento (Tabela 6), sendo este valor, resultado da pesagem das plantas inteiras (raízes, resíduo do grão e parte aérea), verifica-se que esse valor encontra-se próximo aos valores obtidos pelos autores acima citados. Provavelmente, devido a baixa germinação dos grãos utilizados nesse experimento, principalmente no caso da soja, levou a obtenção de menores valores de matéria seca. Normalmente recomenda-se a utilização de grãos com no mínimo 80% de germinação.

Assim verifica-se que esse tipo de produção de forragem pode levar a valores expressivos, considerando a área a ser utilizada e o tempo de produção. Em caso de pequeno número de animais, a forragem pode até ser produzida em condições de casa de vegetação, onde tem-se normalmente total controle do ambiente.

Experimento 2

Na Tabela 7 encontram-se os valores de F obtidos na análise de variância e as médias do teor relativo de clorofila e massa da matéria verde e seca das plântulas em função do cultivo (100% milho; 75% milho + 25% soja; 50% milho + 50% soja) com e sem adubação nitrogenada, utilizando-se apenas o substrato casca de arroz.

Tabela 7 - Valores de F e médias de matéria verde(kg/m²), matéria seca (kg/m²) e teor relativo de clorofila foliar obtidos no experimento 2, em função de taxa de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura. Cacoal – RO, 2018.

Tratamentos	Matéria verde ----- kg m ⁻² -----	Matéria seca -----	Teor relativo de clorofila foliar
Taxa Semeadura (T)			
100% milho	20,2	9,76	26,60
75% milho + 25% soja	22,5	10,00	31,40
50% milho + 50% soja	26,1	9,25	31,92
DMS	6,50	1,88	10,22
Nitrogênio (N)			
Sem	22,2	9,54	31,75
Com	23,6	9,80	28,20
DMS	4,37	1,26	6,90
Teste F			
T	0,08 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,36 ^{ns}
N	0,49 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,29 ^{ns}
T x N	0,83 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,88 ^{ns}
Média geral	22,90	9,67	29,97
CV(%)	22,20	15,25	26,70

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns= não significativo;

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nos parâmetros produção de matéria verde (kg m²), produção de matéria seca (kg m²) e teor relativo de clorofila foliar nas diferentes taxas de semeadura utilizadas (100% milho; 75% milho + 25% soja e 50% milho + 50% soja) e presença ou não de adubação nitrogenada no substrato casca de arroz. As médias gerais observadas para os

parâmetros foram: 22,9 kg m⁻² de matéria verde, 9,67 kg m⁻² de matéria seca e teor relativo de clorofila de 29,97. Não houveram interações significativas ($P>0,05$) entre taxa de semeadura e adubação nitrogenada.

A partir dos resultados obtidos no experimento 1, observou-se que as condições estabelecidas de manejo não foram suficientes para permitir a germinação dos grãos semeados, conforme discutido anteriormente. Assim, para o experimento 2, o fornecimento hídrico diário foi ajustado em 2 L adicionais.

Comparando-se os valores de matéria verde e seca obtidos no experimento 1 e experimento 2, o fornecimento hídrico adicional de 2 L por dia realizado no experimento 2, resultou em maior taxa de germinação dos grãos, aumentando em 2,74 vezes a produção de matéria verde e 3,16 vezes a produção de matéria seca.

Verificou-se uma tendência ($P = 0,08$) à maior produção de matéria verde (2,61 kg m²) no cultivo com 50% de milho e 50% de soja. O sistema pode ter sido favorecido de maior teor de nutrientes no consórcio com o grão de soja.

Santos *et al.* (2014) observaram valores de 1,20 kg m² de fitomassa seca de plantas inteiras de milho produzidos em sistema hidropônico sem a utilização de substrato. Já Crevelari (2013), em condições experimentais semelhantes ao deste estudo, porém utilizando bagaço de cana-de-açúcar como substrato, avaliaram a produção de matéria seca em diferentes cultivares de soja em sistema hidropônico com doses húmicas comerciais e observaram valores médios de matéria seca de 2,0 kg m². No presente estudo, com o incremento da produção de matéria verde e matéria seca com o aumento do fornecimento de água, ambos parâmetros, encontram-se dentro do reportado na literatura por outros autores, como Flores (2009); Rocha *et al.* (2014) e Santos *et al.* (2014) que citaram valores variáveis de produção de matéria verde entre 8,0 a 19,0 kg m².

A produção de matéria seca (9,67 kg m²) reportada nesse estudo, situa-se próxima os valores citados na literatura e superiores ao valor obtido no experimento 1. Assim, mesmo optando-se por utilizar grãos de milho e soja adquiridos de produtores locais, a qualidade fisiológica destes e o manejo em termos de irrigações durante o processo de produção dos materiais hidropônicos, quando se pretende ter elevado produção hidropônica. Muitas vezes, produtores locais podem optar por materiais de menor qualidade, devido a disponibilidade e custo reduzido, no entanto, conforme observado no experimento 1, os resultados obtidos foram aproximadamente 3 vezes menores que os obtidos no experimento 2.

O resultado aqui apresentado, também é importante, uma vez que permite estabelecer protocolos diferenciados aos produtores que optarem por utilizar grãos locais ou sementes comerciais certificadas na produção de milho ou consórcio entre milho + soja em sistemas hidropônicos. Samafalova *et al.* (2017) enfatizaram que a qualidade e a uniformidade do grão determinam sua germinação, assim nesse estudo, como os grãos foram adquiridos de vários produtores locais, não foi possível estabelecer uniformidade do lote semeado. Assim, sugere-se que a taxa de semeadura para replicação de experimentos em condições similares às descritas nesse estudo (utilização de grãos locais) seja superior à 2,0 kg m².

O processo de germinação consiste em várias fases que são caracterizadas por um determinado período de tempo e condições ambientais, onde mudanças bioquímicas e morfológicas irão ocorrer no grão (KHONEVA *et al.*, 2018). São eventos fundamentais na germinação: 1) absorção de água; 2) crescimento e pré - germinação; 3) crescimento de raízes embrionárias; 4) crescimento e desenvolvimento do gérmen. Khoneva *et al.* (2018) avaliaram condições de germinação para o trigo em sistema hidropônico e enfatizaram que o fornecimento de água é o ponto fundamental para a germinação, já que inicia todos os processos bioquímicos, permitindo que não ocorra perda de matéria seca e produtos nitrogenados. O excesso de água possui efeito contrário, aumentando a quantidade de fungo nas sementes e reduz o seu acesso ao ar, impedindo a germinação.

Nesse contexto, é relevante mencionar que o substrato casca de café também foi reavaliado no *Experimento 2* com incremento da quantidade de água (+ 2 L), porém não foi observado crescimento expressivo das plântulas nesse substrato. Observou-se um encharcamento excessivo do substrato, que pode ter sido a causa da redução na germinação dos grãos, redução no número de plântulas e queda da absorção de água, ocasionando assim o acúmulo hídrico. Adicionalmente, a casca de café é amplamente conhecida pela sua alta capacidade de retenção de água, e por se tratar de um subproduto oriundo do beneficiamento do café pode apresentar composição extremamente variável, além de outros fatores que impedem a germinação de sementes já citados acima.

Da mesma forma que descrito no Experimento 1, não foi observado resposta do conteúdo relativo de clorofila ao N aplicado em cobertura, bem como qualquer consórcio avaliado no substrato casca de arroz, assim, podem ser utilizados para a

produção de milho hidropônico, sem qualquer efeito neste parâmetro, desde que o período de produção seja de 15 dias entre a semeadura e a colheita.

Na Tabela 8, são apresentados os valores de F obtidos na análise de variância e as médias da composição bromatológica do material substrato + plântulas colhidos aos 15 dias em função de diferentes taxas de semeadura (100% milho; 75% milho + 25% soja; 50% milho + 50% soja) e com e sem adubação nitrogenada avaliados no substrato casca de arroz.

Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para a composição bromatológica, no qual a taxa de semeadura com 25% e 50% de grãos de soja consorciados com milho apresentaram teores médios de cinzas (12,0 %), proteína bruta (12,0%) e extrato etéreo (2,50%) superiores em relação ao cultivo com somente milho. Não foram observadas diferenças significativas para adubação nitrogenada e interações entre taxa de semeadura e adubação nitrogenada.

Shit (2019) descreveu que a composição bromatológica do material produzido em hidroponia é variável. O conteúdo de amido reduz, pelo catabolismo realizado pela planta, bem como os teores de matéria seca e matéria orgânica, durante os processos bioquímicos da planta. De forma geral, o conteúdo de extrato etéreo aumenta, devido ao aumento de estruturas lipídicas e clorofila, conforme a planta cresce. O teor relativo de clorofila não foi significativo nesse estudo (Tabela 7; $P > 0,05$), provavelmente devido à variabilidade observada no registro dos dados ($CV = 26,70\%$), que pode ser atribuída à própria técnica utilizada para a medição.

O processo de crescimento e desenvolvimento da planta aumenta o conteúdo de cinzas, conforme observado nesse estudo, uma vez que promove aumento do sistema radicular, aumentando a captação do conteúdo mineral a partir do quarto dia de crescimento (DUNG *et al.*, 2010).

Tabela 8 - Valores de F e médias de composição bromatológica, em % da matéria seca, de cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, lignina, celulose e cinzas + sílica, obtidos no experimento 2, no substrato casca de arroz em função dos tratamentos. Cacoal – RO, 2018.

TRATAMENTOS	cinzas	extrato etéreo	proteína bruta	fibra em detergente neutro	fibra em detergente ácido	hemicelulose	lignina	celulose	cinzas + sílica
-----% de matéria seca-----									
Taxa semeadura (T)									
100% milho	10,9b	1,4b	6,7b	66,4	47,4	19,0	11,5	30,2	5,6
75% milho + 25% soja	12,0ab	2,5a	11,1a	62,1	44,2	17,8	10,8	27,6	5,8
50% milho + 50% soja	12,6a	2,6a	12,6a	64,6	46,0	18,6	11,6	28,9	5,4
DMS	1,5	0,9	2,5	6,1	5,1	1,5	1,9	3,1	0,9
Nitrogênio (N)									
Sem	11,6	2,4	10,1	64,0	45,7	18,2	11,1	28,7	5,5
Com	12,0	1,9	10,1	64,7	46,0	18,8	11,5	29,2	5,7
DMS	1,0	0,6	1,7	4,1	3,4	1,0	0,4	2,1	0,6
Teste F									
T	0,02*	<0,05*	<0,05*	0,21 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,64 ^{ns}
N	0,36 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,35 ^{ns}
T x N	0,51 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Média geral	11,8	2,1	10,1	64,3	45,9	18,5	11,3	29,0	5,6
CV(%)	9,67	32,37	19,28	7,47	8,73	6,22	12,78	8,33	13,03

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * P<0,05. ns= não significativo.

Apesar do alto coeficiente de variação dos dados ($CV = 32,37\%$) observados para a análise de extrato etéreo realizada, que é inerente à própria técnica laboratorial de extração de óleos através de lavagem do material com solvente orgânico, observou-se diferença significativa para esse parâmetro ($P < 0,05$). Os valores apresentados obtidos de extrato etéreo, bem como de cinzas totais encontram-se dentro do padrão de composição para forragens verdes conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Ruminantes (CQBAL 4.0) (VALADARES FILHO, *et al.*, 2020).

Quanto aos teores de proteína bruta, observou-se que o consórcio entre milho e soja na produção de forragem hidropônica foi eficiente em aumentar os teores em até 50% comparado ao cultivo de milho utilizando a casca de arroz como substrato aos 15 dias de idade de colheita. Apesar da casca de arroz ser considerada um resíduo fibroso, a composição do material substrato + plântulas aos 15 dias nos cultivos com grão de soja, está dentro do indicado para o atendimento mínimo das necessidades dietéticas para o crescimento microbiano ruminal que é de aproximadamente 7% (VAN SOEST, 1994).

Os teores de proteína bruta encontrados no experimento foram superiores aos relatados por Crevelari (2013) que obtiveram valores médios de 6,5% de teor de proteína bruta em avaliação de sistemas hidropônicos com utilização do grão de soja, porém em substrato altamente fibroso (bagaço de cana-de-açúcar) que pode ter influenciado os teores de proteína bruta. Adicionalmente, corroboram com o teor médio relatado por Tanuvas (2015) de 10,55%, Naik *et al.* (2013) 12,48% e é 100% inferior aos relatados por Ramteke *et al.* (2019) de 29,87% ambos em produção de forragem de milho hidropônico e avaliando somente a parte aérea da planta.

Verifica-se que a composição média de proteína é muito influenciada pelo substrato a ser utilizado e que neste estudo, apesar de ter sido avaliado o substrato + plântulas, os teores médios obtidos de proteína bruta seriam satisfatórios para atender às exigências nutricionais de animais ruminantes.

Em termos práticos, extrapolando-se os valores proteicos para ($t\ ha^{-1}$), a produção de proteína a cada 15 dias seria de $1,1\ t\ ha^{-1}$, o que auxiliaria no manejo alimentar em dietas para ruminantes. De forma geral, os valores de proteína obtidos no estudo, são semelhantes (11,40%) aos apresentados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Ruminantes (CQBAL 4.0), referindo-se a forragem

verde de planta inteira de milho consorciado com soja (VALADARES FILHO *et al.*, 2020).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) para as diferentes taxas de semeadura ou adubação nitrogenada em cobertura e substrato casca de arroz, apresentando valores médios de 64,34% e 45,85%, respectivamente. Também observa-se que os teores de celulose, hemicelulose e lignina também não diferiram estatisticamente. Sendo o FDN, mais relacionado aos carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e pectinas), considera-se essencial para um bom desenvolvimento ruminal os teores de FDN, visto que os componentes da fração são indispensáveis para o ideal funcionamento ruminal e crescimento microbiano (VAN SOEST, 1994; NRC, 2001). Kozloski *et al.* (2006), citado por Alves *et al.* (2016) relaciona em sua pesquisa sobre níveis de FDN, que o aumento dos níveis de FDN diminuem a ingestão do alimento, consequentemente a disponibilidade total de nutrientes ao animal. Já o teor de lignina, está acima do citado para forrageiras tropicais em estado vegetativo, porém pode ser explicado pelo teor de lignina presente no substrato casca de arroz.

Pícolo (2012) em cultivo hidropônico de milho em substrato de bagaço de cana-de-açúcar, capim Napier e casca de café e solução nutritiva padrão reportou valores de FDN em torno de 54,0%, 47,5%, e 56,9% e FDA de 33,7%; 32,5% e 46,2%, respectivamente. Já Crevelari observaram valores de FDN próximos à 55% em cultivo de soja com diferentes variedades em substrato de bagaço de cana de açúcar.

Campêlo *et al.* (2007) observaram valores de % de matéria seca muito semelhantes aos encontrados nesse estudo utilizando como substrato a casca de arroz. Os autores reportaram valores médios de proteína bruta de 12,12%, 2,57% de cinzas, 62,92% de FDN e 40,11% de FDA.

De forma geral, conforme observado na literatura o cultivo consorciado de milho + soja em sistema hidropônico em casca de arroz, apresentou teores na composição bromatológica satisfatórios em relação aos parâmetros clássicos de nutrição de ruminantes, quando comparados ao cultivo do milho. Porém, a produção de matéria seca total, apresentou-se abaixo do reportado por outros autores, provavelmente devido à baixa taxa de germinação dos grãos de soja, o que pode ser resolvido aumentando-se a taxa de semeadura (acima de 2 kg m²) ou utilizando sementes comerciais certificadas, conforme a disponibilidade e custo benefício ao produtor.

5 CONCLUSÕES

- O teor relativo de clorofila nas folhas não altera em função dos substratos e uso de nitrogênio em cobertura em milho hidropônico aos 15 dias pós a semeadura.
- O substrato casca de arroz é o mais indicado para produção de milho hidropônico.
- Não há resposta a aplicação de nitrogênio em cobertura com produção de matéria verde e seca de milho hidropônico com período de até 15 dias entre semeadura e colheita.
- As taxas de semeadura na proporção de 75% milho + 25% soja ou 50% milho + 50% soja, aumentam os teores de extrato etéreo e proteína bruta no material hidropônico produzido.
- A taxa de semeadura entre milho e soja não altera a produção de matéria verde e matéria seca em sistema de hidroponia com substrato casca de arroz.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B.; TRAJANO, J. S.; SILVA, C. M.; GOIS, G. C. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET**, Maringá, v. 10, n. 7, p. 568-579, 2016. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/2883/fibra-para-ruminantes-aspecto-nutricional-metodoloacutegico-e-funcional>. Acesso em: 26 mar. 2021.
- ARAGÃO, J. L.; PFEIFER, L. F. M.; BORRERO, M. A. V. Ocupação tardia e o desenvolvimento da agropecuária no Estado de Rondônia Uma história da bovinocultura no desenvolvimento regional. **Revista Semina**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 154-171, 2014.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 158-167, 2001.
- BARBOSA, F. A. **Alimentos na nutrição de bovinos**. 2004. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/artigos_nutricao_bovinos.html. Acesso em: 15 dez. 2019.
- BEZERRA NETO, E. B.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 8/9, p.107-137, 2011/2012.
- BOLETIM DO CENTRO DE INTELIGÊNCIA E MERCADO DE CAPRINOS E OVINOS. **Dados eletrônicos**. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017. Dados eletrônicos, 2.
- CAMPÊLO, J. E. G.; OLIVEIRA, J. C. G.; ROCHA, A. S.; CARVALHO, J. F.; MOURA, G. C.; OLIVEIRA, M. E.; SILVA, J. A. L.; MOURA, J. W. S.; COSTA, V. M.; UCHOA, L. M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000200002. Acesso em: 15 ago. 2020.
- CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **PUBVET**, Maringá, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, Out, 2017. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/0a8507da1ed6901dc7b05858a61c8a74.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.
- CHAVES, B. W. *et al.* Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, p. 150-156, 2014.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**: Cacoal. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rondonia/cacoal-31797/>. Acesso em: 22 ago. 2020.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

DUNG, D. D.; GODWIN, I. R.; NOLAN, J. V. Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water. **Journal Animal Veterinary Advanced**, Punjab, v. 9, n.18, p. 2432-2436, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Boletim Agropecuário Rondônia**. n. 1. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/boletim-agropecuário>.

EMATER-RO. **Entidade autárquica de assistência técnica e extensão rural do estado de Rondônia**. Disponível em: <http://www.emater.ro.gov.br/>.

ENZO, M.; GIANQUINTO, G.; LAZZARIN, R.; PIMPINI, F.; SAMBO, P. **Principi tecnico-agronomici dela fertirrigazione e del fuori suolo**. Padova: Tipografia-Garbin, 2001. 209 p. Disponível em: https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/LIBRO_FUORISUOLO.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

FAZAEI, H.; GOLMOHAMMADI, H. A.; SHOAYEE, A. A.; MASHARAF, S. Performance of feedlot calves fed hydroponics fodder barley. **Journal Agricultural Science Technology**, [New York], v. 13, p. 367-375, 2011. Disponível em: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-1471-en.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

FLORES, M. T. D. **Efeito da densidade de semeadura e da idade de colheita na produtividade e na composição bromatológica de milho (*Zea mays* L.)**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GIRMA, F.; GEBREMARIAM, B. Review on hydroponic feed value to livestock production. **Journal of Scientific and Innovative Research**, [London], v. 7, n. 4, p.106-109. 2018. Disponível em: www.jsirjournal.com. Acesso em: 20 ago. 2020.

HUNGRIA, M. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura de soja**. 2001. Londrina: Embrapa Soja, 2001. Circular Técnica. 48 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 ago. 2020.

IDARON-RO. **Agência de Defesa Agrosilviopastorio do Estado de Rondônia**. Disponível em: <http://www.idaron.ro.gov.br/Portal/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

KHONEVA, M. S.; RUDENKO, O.V., USATIKOV, S.V.; BUGAYETS, N. A.; TAMOVA, M.YU; FEDOROVA, M. A.; MOGILNY, M. P. Optimizing technological process of hydroponic germination of wheat grain by graphic method. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, Panchkula, v. 10, n. 2, p. 381-390, 2018.

Disponível em:

<https://www.jpsr.pharmainfo.in/Documents/Volumes/vol10Issue02/jpsr10021836.pdf>.

Acesso em: 12 ago. 2020.

LOCATELLI, T. **Forragem hidropônica de milho cultivado em bagaço de cana e capim napier com diferentes soluções nutritivas**. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2016/05/Disserta%C3%A7%C3%A3o-mestrado-2016-Tamara-.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

MAHER, M. J.; PRASAD, M.; RAVIV, M. Organic soilless media components. In: RAVIV, L. (ed.). **Soilless culture, theory and practice**. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 459–504.

MAUCIERI, C.; NICOLETTO, C.; VAN OS E.; ANSEEUW, D.; HAVERMAET, R. V.; JUNGE, R. 2019. Hydroponic Technologies. In: GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G. (ed.). **Aquaponics food production systems**. [New York]: Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_4.

MCKENZIE, R. A.; KELLY, M. A.; SHIVAS, R. G.; GIBSON, J. A.; COOK, P. J. *et al.* Aspergillus clavatus tremorgenic neuro-toxicosis in cattle fed sprouted grains. **Australian Veterinary Journal**, [New York], v. 82, n. 1, p. 635-638. 2004.

NAIK, P. K.; DHURI, R. B.; SWAIN, B. K.; SINGH, N. P. Nutrient changes with the growth of hydroponics fodder maize. **Indian Journal of Animal Nutrition**, Ghaziabad, v. 29, p.161–63, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: Academy Press, 2001.

OHASHI, O. M.; CORDEIRO, M.S.; SANTOS, S. S. D.; ALMEIDA, N. N. C.; SILVA, T. V. G.; ROLIM FILHO, S. T. Desafio da pecuária na Amazônia frente ao novo código florestal brasileiro. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 42, n. 3/4, p. 202-205, 2018. Disponível em: www.cbpa.org.br. Acesso em: 12 ago. 2020.

OLIVEIRA, A. C. L. **Forragem hidropônica de milho**: alternativa para o desenvolvimento sustentável do agente produtivo. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1998. 18 p.

PATINO, H. O.; ESCOBAR, L. F.; CHÁVES, L. F. *et al.* **Alternativas de manejo para mitigar as emissões de metano em ruminantes**. 2018. Online. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/7578360001.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2021.

PICCOLO, M. A.; COELHO, F. C.; GRAVINA, G. A.; MARCIANO, C. R.; RANGEL, O. J. P. Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 544-551, 2013.

PRAFULLA, K. N.; BIJAYA, K.; SWAIN, N. P.; SINGH, P. Production and utilization of hydroponics fodder. **Indian Journal of Animal Nutrition**, Ghaziabad, v. 32, n. 1, p. 1-9, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275097452_Review-Production_and_Utilisation_of_Hydroponics_Fodder. Acesso em: 28 mar. 2021.

RAMTEKE, R.; DONERIA, R.; GENDLEY, M. K. Hydroponic techniques for fodder production. **Acta Scientific Nutritional Health**, Hyderabad, v. 3, n. 5, p. 127-132, 2019.

REDDY, G. V. N. *et al.* Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. **Indian Journal of Animal Nutrition**, Ghaziabad, v. 5, n. 1, p. 19-22. 1988.

ROCHA, R. J. S.; SALVIANO, A. A. C.; ALVES, A. A. NEIVA, J. N. M.; LOPES, J. B. SILVA, L. R. F. Produtividade e composição química da forragem hidropônica de milho em diferentes densidades de semeadura no substrato casca de arroz. **Revista Científica de Produção Animal**, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 25-31, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/359-rcpa/v16n01/3043-v16n01a04.html>. Acesso em: 22 ago. 2021.

ROCHA, F. C. *et al.* Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 2163-2171, 2006.

SALMAN, A. K. D. *et al.* **Metodologia para avaliação de ruminantes**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. Documento, 136. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884369/1/doc136alimentacaod eruminantes.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2021.

SALO, S. Effects of hydroponic fodder feeding on milk yield and composition of dairy cow: review. **Journal of Natural Sciences Research**, Pompano Beach, v. 9, n. 8, p. 1-8, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339149288_Effects_of_Hydroponic_Fodder_Feeding_on_Milk_Yield_and_Composition_of_Dairy_Cow_Review. Acesso em: 20 ago. 2020.

SAMOFALOVA, L. A.; SAFRONOVA, O. V. Methodological approaches to the germination of seeds of crops, testing the success of germination. **Grain Legumes and Cereal Crops**, v. 3, n. 23, p. 68-74, 2017. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RU2017600049>. Acesso em: 28 mar. 2021.

SANTOS, P. C. **Ácidos húmicos, brassinosteroide e fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de abacaxizeiro**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA- SEAPS. **Produção e do desenvolvimento e econômico e social**. Disponível em: <http://www.seaps.ro.gov.br>. Acesso em: 12 set. 2020.

SCHAFHÄUSER, J. J. *et al.* **Uso do arroz na alimentação de ruminantes**. Pelotas: Embrapa. 2012. Comunicado técnico, 287. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79632/1/Comunicado-287.pdf>.

SHIPARD, I. **How can i grow and use sprouts as living food**. London: Stewart Publishing, 2005.

SHIT, N. Hydroponic fodder production: an alternative technology for sustainable livestock production in India. **Exploratory Animal and Medical Research**, [West Bengal], v. 9, n. 2. p. 108-119, 2019.

SOUZA, R.; CARVALHO, M.; SILVA, M. D.; GOMES, S.; GUIMARÃES, W.; ARAUJO, A. Leituras de clorofila e teores de N em fases fenológicas do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 11, n. 1, p. 57-63, 2015.

TAVARES, A. A. C. **Avaliação da casca de café como alimento para vacas leiteiras Holandês-Zebu**. 2003. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/2211/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20casca%20de%20caf%C3%A9%20como%20alimento%20para%20vacas%20leiteiras%20Holand%C3%AAs-Zebu.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021.

TRANEL, L. F. Hydroponic fodder systems for dairy cattle. **Animal Industry Report: AS 659, ASL R2791**. Disponível em: https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-606. https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol659/iss1/42. Acesso em: 15 ago. 2020.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. *et al.* **CQBAL 4.0**. tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em: 12 ago. 2020.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WOOTON BEARD, P. Growing without soil – An overview of hydroponics. **Farming connect**. 2019. Disponível em: https://businesswales.gov.wales/farmingconnect/sites/farmingconnect/files/technical_article_-_hydroponics_-_final.pdf. Acesso em: 25 ago. 2020.