

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: Uma análise temporal de sua utilização no semiárido brasileiro

José H. de A. Rangel¹
Salette A. de Moraes²
Rafael G. Tonucci³
André J. do Amaral⁴
João H. Zonta⁵
Samuel F. de Souza⁶
Rafael D. dos Santos²
Evandro N. Muniz¹
Ubiratan Piovezan¹

¹ Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros

² Pesquisador da Embrapa Semiárido

³ Pesquisador da Embrapa Caprinos

⁴ Pesquisador da Embrapa Solos Recife

⁵ Pesquisador da Embrapa Algodão

⁶ Analista da Embrapa Tabuleiros Costeiros

RESUMO

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem como princípio básico a sustentabilidade dos empreendimentos agropecuários nos aspectos econômicos sociais e ambientais. Tal premissa é de vital importância para qualquer intervenção humana no bioma Caatinga no intuito de aumentar a produtividade e lucratividade agrícola ou pecuária nesse bioma, visto ser esse o mais vulnerável entre todos os biomas brasileiros. Técnicas de manipulação do estrato arbóreo/arbustivo da Caatinga e introdução de culturas e pastagens são capazes de garantir aumentos significativos da produtividade agropecuária desse bioma, sem, no entanto, infringir perdas na sua sustentabilidade ambiental. Na parte mais Leste do semiárido, transição da Caatinga para a Mata Atlântica existe uma zona denominada Agreste que, embora ainda considerada semiárida, tem precipitações mais elevadas e menos erráticas. Aí a vegetação nativa de Caatinga foi removida em grande parte, dando lugar a lavouras de milho, feijão e a pecuária. Apesar dessa melhor condição pluviométrica ocorrem períodos de escassez de chuvas, além de crescente esgotamento da fertilidade dos solos, que conduzem a uma queda de produtividade das lavouras e degradação das pastagens. Sistema de ILPF para recuperação das pastagens e maior sustentabilidade dos sistemas de cultivo, começam a ser disponibilizados.

Palavras-chave: agropecuária digital; análise de imagem; comportamento animal; zootecnia de precisão

Crop-livestock-forest integration systems: A temporal analysis of their use in the Brazilian semiarid region

ABSTRACT

The basic principle of crop-livestock-forestry integration (CLFI) is the sustainability of agricultural enterprises in the social, economic and environmental aspects. This premise is of vital importance for any human intervention in the Caatinga biome in order to increase productivity and agricultural or livestock profitability in that biome, as this is the most vulnerable among all Brazilian biomes. Techniques for manipulating the Caatinga tree / shrub stratum and introducing crops and pastures are able to guarantee significant increases in agricultural productivity in this biome, without, however, infringing losses in its environmental sustainability. In the most eastern part of the semiarid, transition from the Caatinga to the Atlantic Forest, there is an area called Agreste which, although still considered semi-arid, has higher and less erratic rainfall. There, the native Caatinga vegetation was largely removed, giving way to corn, beans and livestock. Despite this better rainfall, there are periods of scarcity of rainfall, in addition to increasing depletion of soil fertility, which leads to a fall in crop productivity and degradation of pastures. CLFI system for the recovery of pastures and greater sustainability of cultivation systems are beginning to be made available.

Key words: digital agriculture; image analysis; animal behavior; precision livestock farm



INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) também denominada de sistemas agrosilvipastoril tem como objetivo básico a busca por sistemas de produção sustentáveis, que harmonizem o aumento da produtividade tanto vegetal quanto

Recebido em: 15/08/2019

Aceito em: 21/12/2020

Publicado em: 31/12/2020

Autor correspondente: jose.rangel@embrapa.br

animal e que sejam capazes de recuperar as pastagens degradadas, sem agressão ao meio ambiente, com preservação dos recursos naturais (BALBINO et al., 2011). Os sistemas de integração podem ainda quebrar o circuito de insertos pragas e agentes de doenças pela rotação de culturas e reduzir a densidade dos bancos de sementes de ervas daninhas no solo (MACEDO, 2009). Para os animais, o componente arbóreo da ILPF oferece ambiente de maior conforto térmico pela sombra das árvores, auferindo também incremento no ganho de peso (GARCIA et al., 2011; PACIULLO et al., 2006).

Segundo Dias-Filho (2000, 2017), os arranjos culturais podem se diferenciar de acordo com as características de clima, solo e socioeconômica de cada localidade. De acordo com Marques et al. (2012) as associações de plantas arbóreas com culturas anuais ou perenes, como no caso das pastagens irão antecipar a recuperação do investimento inicial. Os sistemas integrados são também os mais eficientes para a sustentabilidade de empreendimentos agropecuários, com aumentos na produtividade das lavouras, forragem, carne e leite, propiciando também melhoria na qualidade química, física e biológica dos solos (GONTIJO NETO et al., 2018). Desse modo esses sistemas, além do aumento da eficiência produtiva, constitui-se uma perfeita opção para regiões com escassez hídrica, característica da maioria das áreas da região Nordeste do Brasil.

A recomendação desses sistemas para o Nordeste fundamenta-se na forte demanda para alimentação da sua população e dos seus rebanhos (BALBINO et al., 2011). Segundo esses autores, os sistemas de ILPF são particularmente recomendados para área que sofrem grande pressão sobre seus recursos naturais. Gontijo Neto et al. (2018), sugerem que para pequenas e médias propriedades que não conseguem uma alta escala de produção, sistemas integrados de lavoura-pecuária bem estruturados terão como benefício extra a otimização dos insumos e uso racional da terra.

Outro ponto importante em favor dos sistemas integrados é o seu papel no aumento do sequestro de carbono e redução nas emissões de gases de efeito estufa (CORDEIRO et al., 2011; SILVA e ARAKAKI, 2012). Gordon et al. (2014) no Canadá, avaliando a dinâmica do carbono no solo verificaram em um sistema de integração pecuária-floresta um potencial de sequestro de carbono líquido no solo igual a 2,7 t. ha⁻¹ por ano contra menos de 1,0 t. ha⁻¹ por ano em sistema de monocultivo de pastagem e afirmam que menos de 6,4 milhões de hectares desse sistema seriam suficientes para sequestrar as emissões totais dos gases de efeito estufa emitidos pela agropecuária canadense.

Mangalassery et al. (2014), observaram, no noroeste semiárido da Índia, que a presença do componente arbóreo em sistemas de integração pecuária-floresta foi capaz de elevar o estoque de carbono na biomassa e no solo numa média de 5,69 t. C. ha⁻¹, contra 4,83 e 3,00 t C. ha⁻¹ em sistemas de monocultivo de florestas e pastagens, respectivamente. Os valores do estoque de carbono observados em pesquisas realizadas em diversos países da América latina, em sistema

consorciados foram sempre maiores do que os observados em sistemas isolados: 12,5 contra 3,5 t. C. ha⁻¹ (ANDRADE et al., 2008) na Costa Rica; aumentos de 20%, 78 % e 63 % no estoque de carbono, em café consorciado com *Inga* spp. *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (EHRENBERGEROVÁ et al., 2015).

Segundo a WRI BRASIL (2019) a agropecuária brasileira é especialmente sensível às mudanças climáticas e a degradação do solo e também uma das principais responsáveis pelas emissões globais de gases de efeito estufa. Essas emissões do agro brasileiro correspondem a 30% do total das emissões brasileiras e 7% das emissões globais. Para enfrentamento desse cenário, foi criado o Plano ABC, tendo como objetivo principal a transformação do setor num exemplo de atividade produtiva com reduzida emissão de carbono.

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas denominado de Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) é uma política pública que aponta de que forma o Brasil pretende cumprir os compromissos assumidos de redução de emissão de gases de efeito estufa neste setor. Para o alcance dos compromissos assumidos, o Plano ABC trabalha com foco nos indicadores: a) área de pastagem recuperada; b) área implantada com ILPF e Sistemas Agroflorestais; c) área manejada sob Sistema de Plantio Direto; d) área cultivada com fixação biológica de nitrogênio; e) área implantada com florestas; f) volume de biogás processado; g) volume de metano utilizado na geração de energia; h) energia elétrica gerada a partir do uso de biogás; i) ações de adaptação de plantas e de sistemas produtivos; j) área com ações de adaptação nas regiões mapeadas. Dentre as tecnologias que fazem parte do Plano ABC, a ILPF é uma das que mais precocemente atendem as metas (Quadro 1).

De acordo com pesquisa encomendada pela Rede ILPF, o Brasil possuía em 2015 mais de onze milhões de hectares com alguma configuração de integração (Quadro 2). Essa área é dez vezes maior do que a área ocupada pela tecnologia em 2005.

Os dados mostram ainda que em 2015 o Brasil já havia cumprido a meta estipulada em 2009 pelo Plano ABC de aumentar em quatro milhões de hectares a área com ILPF até 2020 (Quadro 1). Com o Acordo de Paris sobre Mudança do Clima, ratificado pelo governo brasileiro em 2016, mais cinco milhões de hectares foram acrescentados à meta.

No Brasil, apesar dos sistemas consorciados existirem de longa data com a denominação geral de sistemas agrosilvopastoris, os resultados disponíveis na literatura relacionados aos estoques de carbono nesses sistemas ainda são bastante escassos.

A partir de programas de pesquisa iniciados pela Embrapa no início desse século sobre a temática de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o lançamento do plano ABC pelo governo federal, ocorreu um substancial aumento dos trabalhos com pesquisa e difusão dos sistemas integrados e, dentro desses sistemas, estudos mais intensificados da dinâmica do carbono e de gases de efeito estufa. No entanto, como são necessários alguns anos de pesquisa para confirmação dos resultados, apenas uma pequena quantidade desses resultados gerados por aqueles

Quadro 1. Programas, metas e resultados alcançados do Plano ABC.

Programa	Meta	Alcance da meta 210-2018
Recuperação de Pastagens degradadas	15 M ha e 104 M t CO ₂ eq.	4,46 M ha e 16,9 M t CO ₂ eq.
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	4 M ha e 18 a 22 M t CO ₂ eq.	5,8 M ha e 22,11 M t CO ₂ eq.
Sistema de Plantio Direto (SDP)	8 M ha e 9,97 M t CO ₂ eq.	9,97 M ha e 18,25 M t CO ₂ eq.
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	5,5 M ha e 10 M t CO ₂ eq.	9,97 M ha e 18,25 M t CO ₂ eq.
Florestas Plantadas	3 M ha e 8 a 10 M t CO ₂ eq.	1,1 M ha e 2 M t CO ₂ eq.
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 M m ³ , 6,9 M t CO ₂ eq.	1,7 M m ³ e 2,67 M t CO ₂ eq.

Adaptado de WRI BRASIL (2019).

programas está disponível para consulta na literatura. A necessidade de ensaios de longo prazo para que se possa comprovar o efeito dos sistemas consorciados no aumento do acúmulo de carbono no solo foi verificada por Viana et al. (2016), quando após sete anos de condução de um experimento comparando sistema de integração pecuária-floresta com vários arranjos estruturais com eucalipto, não encontraram diferenças significativas entre esses arranjos para carbono no solo, tendo inclusive observado maiores valores de carbono no solo sob pastagem em monocultivo do que no sistema integrado.

ILPF NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Situação do ILPF no Nordeste

No Nordeste, a utilização de sistemas integrados ainda está em fase inicial, com menos de 3% das áreas utilizadas para atividade agropecuária com algum tipo de integração (Quadro 2). Deve-se ressaltar, no entanto, que na pesquisa realizada na região Nordeste foi considerada apenas as áreas ocupadas com sistemas integrados, aonde a pecuária era um dos componentes do sistema.

O bioma Caatinga ocupa 51% da Região Nordeste, está presente em oito dos nove estados dessa Região, em uma pequena parte do Estado de Minas Gerais (BUAINAIN e GARCIA, 2013) e engloba duas particularidades de paisagem: o Sertão, aonde a vegetação xerófila nativa continua preservada em grande parte do território e o Agreste, aonde a vegetação, também xerófila foi removida em grande parte para dar espaço a pastagens e às lavouras de milho e feijão.

O clima do Sertão é caracterizado como tropical semiárido (BSh ou BSk), com estações das águas com duração de três a quatro meses e precipitações que variam de uma maneira geral entre 500 e 700 mm anuais, existindo localidades com média de precipitação abaixo dessa faixa inferior, como é o caso de alguns locais no sertão da Bahia e da Paraíba (ALICE-EMBRAPA, 2007).

Percentualmente a Caatinga ocupa 10% do território brasileiro sendo entre todos os biomas o mais fragilizado. Segundo Guedes (2014), em algumas áreas do semiárido existe uma degradação irreversível, fruto de uma agropecuária agressiva e de baixa eficiência produtiva. Observa-se hoje que não apenas a agricultura ou a agropecuária praticada no Semiárido são insustentáveis, mas todo o modelo de exploração da caatinga atualmente em uso carece de sustentabilidade ecológica e econômica (GUEDES, 2014). A exploração desses recursos de forma irracional e intensiva, com foco imediatista, tem concorrido para a degradação da vegetação

nativa, comprometendo, conseqüentemente, o frágil equilíbrio ecológico da região. Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza (ARAUJO FILHO, 2014), Diretor do Ministério do Meio Ambiente escreveu: “A pecuária tradicional é atualmente uma das atividades econômicas que mais degradam a Caatinga e por isso, garantir a sustentabilidade ambiental dessa prática é fundamental para a recuperação do bioma”.

Sistemas de integração desenvolvidos e validados para o sertão

Segundo Araújo Filho (2014), a partir do início do século XVII a pecuária extensiva foi estabelecida no sertão nordestino que se tornou um grande pasto natural. O sistema era altamente extensivo e degradante, agravado pelas secas periódicas com drástica redução da disponibilidade de forragem e os longos períodos de estiagem como os ocorridos no final do século XIX e começo do século XX, foi determinante para a decadência da pecuária do sertão e, já em 1860 se recomendava ressemeiar e arborizar os pastos nativos a fim de melhorar sua produtividade (ARAÚJO FILHO, 2014). Tal recomendação é possível que tenha sido a primeira iniciativa de implantação de sistemas consorciados com intervenção humana no sertão, visto que o conjunto do estrato arbóreo com o estrato herbáceo da Caatinga nativa, quando pastejado, pode ser considerado o mais antigo sistema silvipastoril natural do sertão.

A produtividade desses sistemas naturais foi avaliada por Araújo Filho (2014) (Tabela 1). Nota-se que, apesar da baixa lotação bovina alocada (0,1 animal. ha⁻¹) ocorre perda de peso dos bovinos durante a época seca que, embora compensada na época das águas, resulta em um ganho de peso anual de apenas 22 kg. ha⁻¹. Por outro lado, caprinos e ovinos conseguem manter um constante ganho de peso mesmo na estação seca. Apesar disso, em todos os casos ainda é uma rentabilidade muito baixa, dificilmente capaz de cobrir os custos do empreendimento.

No intuito de aumentar a capacidade de suporte da Caatinga, mais recentemente, grandes áreas desse bioma foram desflorestadas para dar lugar a pastagens isoladas de gramíneas nativas e ou exóticas, que na maioria dos casos se tornaram altamente degradadas, invadidas por espécies não forrageiras, com solo exposto, com assoreamento dos cursos de água (ARAÚJO FILHO, 2014).

A baixa capacidade produtiva da Caatinga em sua condição natural, associada a uma crescente demanda pela produção de alimentos e ao insucesso dos sistemas isolados de lavouras e pastagens em substituição ao ambiente natural da Caatinga, acenderam um alerta em todos os setores de liderança do governo e da sociedade civil, sobre as conseqüências desastrosas que poderiam advir para o bioma pelo uso de práticas agropecuárias copiadas de outros ambientes e não adaptadas a Caatinga.

Quadro 2. Situação dos sistemas integrados na Região Nordeste em relação as áreas com atividade agropecuária.

Região	Estado	Área sob uso	Área com integração	
		Agropecuário (ha)	ha	%
Nordeste	Alagoas	1.555.272	4.619	0,30
	Bahia	21.996.268	545.778	2,48
	Ceará	5.142.852	41.380	0,80
	Maranhão	4.797.636	69.087	1,44
	Paraíba	2.152.310	136.217	6,33
	Pernambuco	4.273.523	217.673	5,09
	Piauí	5.599.900	74.119	1,32
	Rio Grande do Norte	2.298.618	221.491	9,64
	Sergipe	1.281.116	1.774	0,14
Total Nordeste	Região Nordeste	49.097.495	1.312.138	2,67

Adaptado de ILPF em Números (2006).

Tabela 1. Produção anual média de fitomassa (Pfito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso animal (GP) e ganho anual de peso vivo em sistema natural de Caatinga.

Espécie animal	Pfito kg ha ⁻¹	Dfor kg ha ⁻¹	CSup ha/cab/ano	GPA (Recria) kg		GPV kg ha ⁻¹ ano
				Inverno	Verão	
Bovino	4.000	400	10,0	375,5	-155,7	8,0
Caprino	4.000	400	2,0	36,1	14,9	9,3
Ovino	4.000	400	2,0	44,0	18,2	11,3

Adaptado de Araújo Filho (2014).

Pesquisadores de instituições de pesquisa, lideradas pela Embrapa e de universidades da região foram convocados para em um esforço conjunto desenvolverem modelos de sistemas agropecuários sustentáveis para a Caatinga. Como fruto desse esforço foram propostos diferentes sistema de integração voltados a melhorar o desempenho produtivo do bioma sem perder a sua sustentabilidade ambiental: Sistema CBL e Técnicas de manipulação da vegetação da Caatingal, são exemplos desses modelos (VOLTOLINI et al. 2010; ARAÚJO FILHO, 2014).

Sistema CBL

O primeiro modelo de sistema agrosilvipastoril, com intervenção humana, surgido como fruto dessa convocação foi o “CBL” (Caatinga Buffel Leucena ou outra Leguminosa forrageira) desenvolvido e proposto pela Embrapa Semiárido. Em seu conceito básico o sistema CBL foi desenvolvido para a produção de bovinos azebuados, tendo a vegetação natural da Caatinga como principal suporte forrageiro durante o período de maior oferta de alimentos, nos três a quatro meses da estação chuvosa, uma área com capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.), para pastejo complementar na estação seca e outra área com leucena (*Leucaena leucocephala*, (Lam.) de Wit.), ou outra leguminosa forrageira, para fornecimento aos animais sob a forma de feno ou silagem (GUIMARÃES FILHO et al. 1995). Segundo esses autores outras alternativas tais como a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) e a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & Hoffman) podem ser incorporadas ao sistema.

Segundo Guimarães Filho (1995) o potencial edafoclimático para uso com sucesso do sistema CBL no semiárido do Nordeste, é de 59.235.300 ha, equivalente a 62% da área total do semiárido (GUIMARÃES FILHO et al. 1995) (Quadro 3). Considerando no quadro 3 apenas as áreas com alto potencial climático e alto e médio potencial edáfico a área é de 31.538.900 ha, equivalente a 34% da área total do semiárido.

Quadro 3. Classes de aptidão edafoclimática do semiárido para o sistema CBL.

Potencial climático	Classe	Potencial edáfico	Subclasse	Área (ha)	Solos predominantes
Alto	1	Alto	A	10.282.800	Podzólicos eutróficos Bruno-Não-Cálcicos
		Médio	B	21.256.100	Regossolos Cambissolos Latossolos Distróficos Podzólicos Distróficos
		Baixo	C	3.383.300	Planossolos Solonetz
			Subtotal	34.922.200	
Baixo	2	Alto	A	6.020.400	Latossolos Eutróficos Podzólicos Eutróficos Regossolos Cambissolos
		Médio	B	3.273.500	Latossolos Distróficos Podzólicos Distróficos
		Baixo	C	15.019.200	Planossolos Bruno-Não-Cálcico
			Subtotal	24.313.100	
			Total	59.235.300	

Adaptado de Guimarães Filho et al. (1995).

Segundo Guimarães Filho et al. (1995) o sistema CBL tem potencial de proporcionar grandes aumentos na produtividade forrageira e animal da propriedade, quando comparado com os sistemas de pastejo na Caatinga arbórea sem intervenção (Quadros 4 e 5). Quando desse levantamento os autores não enfatizaram ainda o potencial de produção de sementes de gliricidia no sistema, que na época atual alcança alto valor no mercado de sementes. Tomando-se por base os dados de ganho de peso vivo por hectare e considerando-se 50% desse ganho como produção de carne, a implantação do sistema CBL, apenas nos 31.538.900 ha com alto potencial climático e alto e médio potencial edáfico, o semiárido nordestino teria

Quadro 4. Índices médios de produtividade esperados em sistemas tradicionais e CBL.

Indicadores	Sistemas	
	Tradicional	CBL
Capacidade de suporte		
Caatinga (ha/UA)	12 – 15	12 15
Caatinga (UA/ha)	0,066 – 0,083	0,066 – 0,083
Capim-buffel (ha/UA)	-	1,2 – 1,5
Capim-buffel (UA/ha)	-	0,66 – 0,83
Cria		
Taxa de parição (%)	40 -50	70 – 80
Taxa de mortalidade (%)		
Matrizes	4 - 8	1 -2
Bezerros	15 - 20	2 – 3
Peso vivo ao nascer (kg)	20 - 25	23 – 28
Peso vivo ao desmame (kg)	80 - 100	140 – 160
Recria/Engorda		
Ganho de peso vivo (kg)		
Kg/cabeça/ano	50 - 70	180 – 220
Kg ha ⁻¹ .ano	6 - 8	100 – 120
Produção de sementes		
Kg sementes buffel/ha/ano	-	40 - 60

Adaptado de Guimarães Filho et al. (1995).

Quadro 5. Potencial de Incrementos produtivos pela adoção do sistema CBL para cria ou cria/engorda.

Indicadores	Sistema (120 ha)		Incremento %
	Tradicional	CBL	
Número de unidades animais criadas	10	51	410
Cria			
Número de matrizes criadas	11	57	410
Número de bezerros nascidos/ano	05	42	740
Número de bezerros desmamados/ano	04	41	925
Kg bezerros desmamados/ano	400	6.150	1.437
Recria/Engorda			
Números de garrotes recriados e engordados	13	64	392
Kg carne produzida/ano	455	6.400	1.306

Adaptado de Guimarães Filho et al. (1995).

potencial para produzir 3,5 milhões de toneladas de carne por ano.

Técnicas de manipulação da vegetação da Caatinga

São sistemas que se assemelham ao CBL com melhoria da rentabilidade econômica. O princípio fundamental dessa técnica é o manejo da vegetação lenhosa da Caatinga com o objetivo de aumentar a disponibilidade de forragem, seja do estrato arbóreo como do herbáceo. Procura-se a estabilização temporal da composição florística do estrato herbáceo constituído em sua maioria por espécies nativas anuais, e seu enriquecimento com a introdução de espécies exóticas. O manejo do estrato arbóreo objetiva mudança na composição florística da área e o seu repovoamento, quando degrada, com espécies nativas (ARAÚJO FILHO, 2014).

Para garantia do sucesso da sustentabilidade na implantação das técnicas de manipulação da Caatinga Araújo Filho (2014) recomenda três fundamentos básicos: preservação de 40% da cobertura arbórea original, o que equivale a em média 400 árvores por hectare; utilização de no máximo 60% da forragem disponível: preservação da mata ciliar nas áreas de drenagem do pasto. Ainda segundo esse autor a preservação da cobertura arbórea atende aos seguintes objetivos: Preservação da biodiversidade da vegetação nativa; Interceptação de parte da precipitação pluvial, evitando erosão causada pelas enxurradas; Deposição de material vegetal no solo com aumento da matéria orgânica; Controle da temperatura do ambiente.

Dentre as alternativas de manipulação da vegetação da caatinga, o rebaixamento com manejo das rebrotações, o raleamento e o enriquecimento são as que mais se destacam (ARAÚJO FILHO, 2013).

Rebaixamento com manejo das rebrotações

O rebaixamento é feito na estação seca, através de broca manual da vegetação lenhosa, a no máximo 10 cm do solo e tem os seguintes propósitos (ARAÚJO FILHO, 2014): 1. Melhorar o acesso dos animais a forragem; 2. Melhorar a qualidade alimentar; 3. Aumentar o tempo de forragem verde na estação seca; 4. Aumento da produção de fitomassa herbácea. Critérios de seleção para rebaixamento das espécies foram estabelecidos por esse autor: Não rebaixar

espécies não forrageira, mas com importância econômica, ecológica ou medicinal (Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Cumaru (*Amburana cearensis*), baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), imburana (*Commiphora leptophloeos*), imbu (*Spondias tuberosa*), pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), pau ferro (*Cesalpinia ferrea*), embiratanha (*Pseudobombax marginatum*); não rebaixar essências florestais cuja folhagem só é consumida quando seca e se prestam a fenação (Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*); rebaixar espécies de conhecido valor forrageiro (Mororó (*Bauhinia cheilantha*), jurema-preta (*Mimosa ostilis*), jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*), quebra-faca (*Croton conduplicatus*), pau-branco (*Auxemma oncocalyx*), feijão-bravo (*Caparis cynophallophora*), carquejo (*Caliandra depauperata*), camaratuba (*Cratylia mollis*)).

Aumentos superiores a 100% na capacidade de suporte e no desempenho animal foram descritos por Araújo Filho em um sistema de caatinga raleada (Tabela 2) quando comparado ao sistema de pastejo em caatinga natural (Tabela 1), sendo tais aumentos mais representativos quando pastejado por caprinos e ovinos do que por bovinos. Apesar disso tais produções parecem ser ainda de baixa atratividade para investimentos na atividade. Financiamentos bancários mais atrativos visando mais a sustentabilidade ambiental da Caatinga do que a produtividade poderia dar mais atratividade a esses sistemas.

Raleamento e enriquecimento da Caatinga

Ambas as técnicas são indicadas para locais aonde o potencial forrageiro do estrato herbáceo se encontra muito degradado ou inexistente. O raleamento se caracteriza pela manutenção de 40% da cobertura lenhosa para produção de pastejo da forragem e o uso de 20% da área com agricultura (ARAÚJO FILHO et al., 2002).

Incrementos de seiscentos e oitocentos por cento na disponibilidade de forragem e na produção de bovinos, respectivamente, são citados por Araújo Filho (2014), com o raleamento da Caatinga, em relação a Caatinga nativa (Tabela 3). Além disso, existe uma redução substancial na perda de peso durante a estação seca (22% na Caatinga raleada contra 80% na Caatinga nativa). No entanto, esse autor reconhece que, devido aos mais altos investimentos,

Tabela 2. Produção anual média de fitomassa (PFito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) e produção de peso vivo (PPV) em uma caatinga rebaixada.

Espécie animal	PFito (kg ha ⁻¹)	Dfor (kg ha ⁻¹ ano)	CSup (ha/cab/ano)	GPD (g)		PPV (kg ha ⁻¹ ano)
				Seca	Aguas	
Bovino	4.000	1.600	5,0	405,8	-132,9	20,00
Caprino	4.000	1.600	0,7	54,0	27,8	42,6
Ovino	4.000	1.600	1,0	47,7	21,0	25,1

Adaptado de Araújo Filho (2014).

Tabela 3. Produção anual média de fitomassa (Pfito.), disponibilidade de forragem (Dfor.), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) e produção de peso vivo (PPV) em uma Caatinga raleada.

Espécie animal	Pfito kg ha ⁻¹	Dfor kg ha ⁻¹ ano	CSup ha/cab/ano	GPD (Recria) g/dia		PPV kg
				Inverno	Verão	
Bovino	4.000	2.400	3,5	621,0	-11,5	63,6
Caprino	4.000	2.400	0,5	57,7	26,8	61,7
Ovino	4.000	2.400	0,5	77,9	32,0	76,4

Adaptado de Araújo Filho (2014).

essa técnica só é rentável quando a produção de peso vivo animal ultrapassar 30 kg/ha/ano. No caso apresentado na Tabela 3 todas as categorias animais apresentaram ganhos maiores do que o dobro desse limite inferior.

Nota-se que nesse sistema todas as categorias animais apresentam produtividades bem mais elevadas que nos demais sistemas e que, até no caso dos bovinos, ocorre durante a estação seca uma perda de peso bem menor (Tabela 3).

Em uma Caatinga do município de Sobral, no Ceará, Conrado et al. (2019) observaram que com o raleamento do estrato lenhoso ocorreu um significativo aumento da biodiversidade do estrato herbáceo na área durante o período de transição da estação chuvosa para a estação seca. Enquanto catorze espécies foram identificadas no sítio raleado apenas três espécies estavam presentes no sítio com a Caatinga sem raleamento. Além desse fato a espécie de maior ocorrência na área raleada foi o feijão de rola (*Phaseolus patyroides*, L.) que uma leguminosa forrageira de alto valor nutritivo, enquanto a espécie de maior abundância no sítio sem raleamento foi o mata-pasto (*Senna obtusifolia*, (L.) Irw. & Barnby) que tem baixa aceitação pelos animais. A introdução do capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai) e do capim-buffel (*Pennisetum ciliare* syn. *Cenchrus ciliare* cv. Áridus) contribuiu com um aporte de respectivamente 3.006,50 e 1.885,40 kg ha⁻¹ de biomassa de forragem.

Conrado et al. (2019) afirmam ser essa técnica a mais eficiente entre os métodos de manipulação da Caatinga, por a mesma aumentar a biodiversidade das plantas herbáceas e a biomassa forrageira do Sistema.

Novos sistemas de integração desenvolvidos ou em desenvolvimento para o sertão

A partir da 1ª década do século atual, incentivados pelos objetivos do Plano ABC e de um projeto de transferência de tecnologias em ILPF, liderado pela Embrapa em parceria com um conjunto de empresas privadas denominada “Rede de Transferência em ILPF” às ações com sistemas integrados foram intensificadas. Algumas variações dos sistemas de manipulação da Caatinga foram desenvolvidas:

Sistema SAF Sobral

O SAF Sobral foi desenvolvido pela Embrapa Caprinos e Ovinos. Este sistema integra atividades lavoureiras,

pecuárias e florestais e tem forte contribuição na redução da degradação da Caatinga. Os seus principais objetivos são a garantia da estabilidade da produção, aumento da produtividade da área e fixação do homem no campo.

Segundo Araújo Filho & Silva (2008), o sistema SAF Sobral, usando o mínimo de tecnologia para produção de carne é capaz de proporcionar uma lucratividade de 29,6 %. Ganhos médios de peso de 136 e 158 g/cabeça/dia, respectivamente para fêmeas e machos foram obtidos por Campanha et al (2016), em borregos criados no sistema SAF Sobral da Embrapa Caprinos (Tabela 4). Nesse mesmo sistema a área aonde foi aplicado o raleamento da Caatinga foram observadas produções de forragem do substrato herbáceo nativo de 1.940,55 kg ha⁻¹ para o período chuvoso e de 1.918,55 kg ha⁻¹ para o período de transição chuvoso/seco respectivamente, contra 78,42 e 37,40 kg ha⁻¹ na área com Caatinga não manipulada sem haver compromisso da biodiversidade de plantas.

Outra opção para o sistema SAF Sobral é a introdução no sistema de forrageiras exóticas adaptadas as condições do local do estabelecimento. Campanha et al (2009) observaram que a introdução dos capins (*Megathyrsus maximus* cv. Massai syn. *Panicum maximum* cv. Massai) e buffel (*Pennisetum ciliare* syn. *Cenchrus ciliare* cv. Áridus), no sistema propiciaram produções de matéria seca de forragem de 3.006,50 e 1.885,40 kg ha⁻¹, respectivamente para massai e buffel.

Sistemas de integração desenvolvidos e validados para o agreste

Focadas no grande percentual de pastagens degradadas e na baixa eficiência de uso da terra nos sistemas de lavouras em monocultivo, as pesquisas com ILPF para as zonas da mata e Agreste estão em sua maioria baseadas na constituição de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tendo a gliricídia (*Gliricidia sepium*) como principais componentes arbóreos em consórcio com lavouras, gramíneas e palma forrageira.

Com a alta valorização da cultura de grãos, principalmente soja e milho no Brasil e, tal como o MATOPIBA, formação de um polo agrícola em parte dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia (SEALBA), começa a mudar essa situação. Vastas culturas de milho e em menor escala de soja começam a ser implantadas em áreas anteriormente ocupadas por pastagens. Tal ocupação é em sua maioria realizada em regime de

Tabela 4. Variações ponderais de grupos de cordeiros manejados em sistema SAF Sobral.

Grupo	Categoria	Peso médio das matrizes antes da cobertura (kg)	Nº de animais	Peso médio ao nascer (kg)	Ganho médio de peso (g/dia)	Peso médio ao desmame (kg)
Animais Nascidos em novembro 2007	Fêmeas	27,0	5	2,7	125	11,7
	Machos	-	6	2,8	144	13,3
Animais Nascidos em agosto 2008	Fêmeas	32,0	5	3,0	147	13,6
	Machos		7	3,9	172	16,2

Adaptada de Campanha et al. (2009).

parceria entre os proprietários das terras e tradicionais produtores de milho. Visto serem essas mudanças nessas áreas ainda recentes, existem poucos modelos de ILPF consolidados e indicados.

Tendo em vista o grande percentual de pastagens degradadas e na baixa eficiência de uso da terra nos sistemas de lavouras em monocultivo, as pesquisas com ILPF para o Agreste estão em sua maioria baseadas na constituição de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tendo a gliricídia (*Gliricidia sepium*) como principal componente arbóreo em consórcio com lavouras, gramíneas e palma forrageira.

Um sistema de alta eficiência para recuperação de pastagens degradadas das zonas da mata e Agreste é o consórcio da gliricídia com milho e capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha*) (RANGEL et al., 2010). Na zona do Agreste, mais especificamente visando os produtores de leite, tem-se estudado utilização de sistemas de ILPF para reduzir a dependência de insumos externos. Outros sistemas

tais como a integração de pasto e lavoura com eucalipto, de eficiência comprovada em outras regiões necessitam ser estudados e adaptados em locais de condições edafoclimáticas mais favoráveis, como as do Norte de Alagoas e Sul da Bahia. Como resultados dessas pesquisas, modelos de integração lavoura-pecuária/floresta, baseados no consórcio de culturas alimentares, forrageiras e de árvores, com adaptação aquelas condições no Nordeste e produtividade já testada, foram implantados em diferentes localidades do Nordeste, através de um projeto denominado “Transferência de Tecnologias em ILPF nos Estados do CE, RN, PB, PE, AQL, SE e BA”, coordenado e cofinanciado pela Embrapa.

Um sistema de integração pecuária/floresta, desenvolvido pela Embrapa demonstra o grande potencial dessa leguminosa consorciada com o capim-marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) na alimentação de bovinos e substituição do nitrogênio mineral na fertilização da pastagem. Na tabela 3 são apresentados os resultados de ganho de peso de bovinos em pastagem de capim-marandú consorciado com a gliricídia

Tabela 5. Ganho de peso animal em kg/ha em *Brachiaria brizantha*, cv. Marandú sob diferentes níveis de fertilização nitrogenada ou em sistema de IPF com Gliricídia em Nossa Senhora das Dores, SE. Médias de quatro anos (2011-2014).

Tratamento kg/ha/ano	Estação das Águas		Estação Seca		Total Ano	
	Ganho kg ha ⁻¹	Ganho @ ha ⁻¹	Ganho kg ha ⁻¹	Ganho @ ha ⁻¹	Ganho kg ha ⁻¹	Ganho @ ha ⁻¹
0 N	204 ^c	6,8 ^c	86 ^d	2,9 ^d	290 ^d	9,7 ^d
80 N	339 ^b	11,3 ^b	107 ^c	3,6 ^c	446 ^c	14,9 ^c
160 N	388 ^a	12,9 ^a	115 ^c	3,8 ^c	503 ^b	16,7 ^b
240 N	350 ^b	11,7 ^b	147 ^b	4,9 ^b	497 ^b	16,6 ^b
IPF	381 ^a	12,7 ^a	304 ^a	10,2 ^a	685 ^a	22,9 ^a
Média	332	11,1	152	5,1	484	16,2

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Tukey (0,05). Adaptado de Araujo (2014).

Tabela 6. Pluviosidade em Nossa Senhora das Dores 2012 a 2018.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Jan	28	45	10	0	113	4	20
Fev	40	10	41	97	15	21	49
Mar	72	11	70	34	34	23	67
Abr	8	191	214	45	38	113	90
Mai	85	127	179	253	95	258	87
Jun	88	110	137	203	121	221	78
Jul	152	203	166	150	66	149	91
Ago	159	67	90	57	45	106	22
Set	84	25	75	25	30	195	7
Out	58	164	58	47	0	45	8
Nov	0	24	62	0	0	0	-
Dez	17	96	6	4	0	0	-
Total	791	1073	1108	915	557	1135	519
Mai/Agosto	484	507	572	663	327	734	278

Tabela 7. Produções de milho e soja em diferentes sistemas de cultivo.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)					
	Safra 2013	Safra 2014	Safra 2015	Safra 2016	Safra 2017	Safra 2018
1-M-M-PC	8072	7509	6176	5294	7746	4.506
2-S-S-PC	2984	2290	1529	527	2628	771
3-M-S-PC	8128	3204	6728	676	8066	655
4-M-M-PD	8157	7117	6519	6244	6428	5436
5-S-S-PD	3073	2935	1986	530	2570	949
6-M-S-PD	7923	3413	6716	1017	7186	522
7-M+BD-M+BD-PD	7888	6555	6311	6405	5424	7129
8-M+BD-M+BD-PD	7770	7001	6403	6420	5387	7312
9-M+BD-S-PD	8008	3718	6787	1607	7017	1679
10-M+BR-S-PD	7462	3532	6570	1291	7362	1805

M = Milho, S = Soja, PC = Plantio convencional, PD = Plantio direto, BD = *Brachiaria decumbens*, BR = *Brachiaria ruziziensis*

ou fertilizado com diferentes doses de nitrogênio (ARAUJO, 2014). Na estação chuvosa o ganho de peso por hectare obtido pelos animais no tratamento consorciado foi semelhante ao maior ganho obtido nos tratamentos fertilizados com nitrogênio mineral. No entanto, na estação seca o ganho no sistema consorciado foi mais do que o dobro do mais alto obtido nos tratamentos fertilizados com nitrogênio mineral. Considerando o ganho anual o ganho no tratamento consorciado superou em 37% o maior ganho dos tratamentos fertilizados com nitrogênio mineral.

Em anos de precipitações normais, no município de Nossa Senhora das Dores, SE, as produtividades de milho e de soja não são afetadas pelos sistemas de cultivo: tradicional, direto ou direto em ILP. No entanto, em anos de escassez o efeito do sistema de ILP foi bem pronunciado (Tabela 6 e 7).

CONCLUSÕES

Os sistemas agropecuários para as zonas mais secas do semiárido não podem ter como foco principal a produtividade competitiva com outras regiões com melhores condições edafoclimáticas. A prioridade desses sistemas tem que ser a manutenção da sustentabilidade ecológica do bioma Caatinga. Apesar disso a grande pressão populacional e a necessidade de produção de alimentos localmente levam os proprietários de terra a adotarem sistema de cultivo não sustentáveis na Caatinga, conduzindo a falência da atividade. Os sistemas de integração lavoura –pecuária-floresta propostos pela pesquisa apontam soluções intermediárias de aumento não competitivo da produtividade agropecuária e manutenção da sustentabilidade ecológica do bioma.

Para as condições do Agreste os sistemas de ILPF desenvolvidos pela pesquisa possuem índices de produtividades competitivos com os de outras regiões do país, além de manter também o foco na sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- Alice Embrapa. 2007. <https://abre.ai/bWPj>. Acessado em 22/10/2019
- ANDRADE, H. J.; BROOK, R.; IBRAHIM, M. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil*, v. 308, 2008, n. 1/2, p.11-22.
- ARAUJO FILHO, J. A. Descripción y problemática de los tipos de vegetación nativa en los sistemas de producción ovina y caprina em el Semiárido brasileño. In: IÑIGUEZ ROJAS, L. (Ed.). *La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica*. Brasília, DF: Embrapa: ICARDA: IFAD, 2013. Cap. 2, p. 43-57.
- ARAUJO FILHO, J. A. Proposta para Implementação do Manejo Pastoral Sustentável da Caatinga. MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Ecossistemas. 2014, 135 pp.
- ARAUJO FILHO, J. A.; Gadelha, J. A.; Crispim, S. M. A.; Silva, N. L. Pastoreio Misto em Caatinga Manipulada no Sertão Cearense. *Revista Científica de Produção Animal*, vol. 4, n° 12. 2002 p 9-21.
- ARAUJO FILHO, J. A.; SILVA, N. L. Sistema de produção agrossilvipastoril. Sobral, CE. EMBRAPA- CAPRINOS. 2008 (EMBRAPA-CAPRINOS, Comunicado Técnico. 89).
- ARAUJO, H. R. de. Potencial de um Sistema Silvopastoril com Gliricidia em Substituição a Fertilização Nitrogenada em Capim-Marandu. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2014, 52 pp.
- BUAINAIN, M.; Garcia, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. *Revista Franco Brasileira de Geografia*. v. 19, n° 19. 2013. 1-24.
- CAMPANHA, M. M.; HOLANDA JÚNIOR, E. V. Sistemas agrossilvipastoris – uma alternativa para criação de caprinos em comunidades tradicionais do sertão baiano do São Francisco. 2006. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPC/20631/1/20.pdf>. Acesso em 09 de setembro de 2019.
- CONRADO, J. A. de A. ; CAVALCANTE, A. C. R; TONUCCI, R. G.; SALDANHA, A. R; CÂNDIDO, M. J. D. **Management of natural pasture increases native and exotic herbaceous biomass and biodiversity in the Caatinga of Brazil**. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 40, n. 2, 2019, p. 867-884.
- Cordeiro, L.A.M.; Galerani, P.R.; Dossa, D.; Amaral, D.D. 2011. Plano Nacional para consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. *Revista Plantio Direto* 121: 14-17.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. DE; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. DOS; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1-12, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. *Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 34p. : il. ; 21cm. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258).
- EHRENBERGEROVÁ, L.; CIENCIALA, E.; KUCERA, A.; GUY, L.; HABROVÁ, H. Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru. *Agroforestry Systems*, v. 89, 2015, p 1-13.
- GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; NAHÚM, B. de S.; ARAÚJO, C. V. de; SANTOS, A. X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1409-1414, 2011.
- GONTIJO NETO, M. M.; BORGH, E.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. et al. (2018) Benefícios e Desafios da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na melhoria da qualidade dos solos no Cerrado. *Informações Agronômicas*, 161. 2018.
- GORDON, A. M.; NASESH, R. P. F.; THEVATHASAN, V. How much carbon can be stored in Canadian agroecosystems using a silvopastoral approach. In: MOSQUERA-
- MANGALASSERY, S.; DAYAL, D.; MEENA, S. L.; RAM, B. Carbon sequestration in agroforestry and pasture systems in arid northwestern India. *Current Science*, v. 107, 2014, n. 8, p. 1290-1293.
- GUEDES, I.M.R. Sustentabilidade da agricultura no semiárido brasileiro. www.scienceblogs.com.br/.../sustentabilidade-da-agricultura-no-semi-arido-bra... .Publicado em 26 de abril de 2007. Acessado em 05.09.2019.
- GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G.; RICHÉ, G. R. Sistema Caatinga-Buffel-Leucena para produção de bovinos no semiárido. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA. 1995. 39 pp (EMBRAPA-CPATSA, Circular Técnica. 34).
- ILPF em números. 2006. <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/ilpf-em-numeros>. Acessado em 15/10/2019
- MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V. 38, p. 133-146, 2009 (supl. Especial).
- MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; FERREIRA, S. F.; Variação do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 2012; 36(2): 611-622.

- PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; PIRES, M. F. A. Sistemas silvipastoris para a produção de leite. In: Simpósio sobre manejo de pastagens, 23., 2006, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2006. p.327-351.
- RANGEL, J. H. de A. et al. Implantação de sistema de Integração Lavoura/Pecuária/Floresta com *Gliricidia sepium*. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010 (Circular Técnica Nº 60), 7 p.
- SILVA, I.M.; ARAKAKI, K. K. Carbono florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Revista de Política Agrícola, nº 4. 2012. 91-105.
- VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; ALVARENGA, R. C.; QUEIROZ, D. S.; PAULA, M. H. C.; REZENDE, I. F. Monitoramento do estoque de carbono no solo no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em área de Cerrado de Minas Gerais. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgos, Bento Gonçalves, Anais, 2016, pp. 555-558
- VOLTOLINI, T.V. et al. Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro. In: Sá, I.B., SILVA, P.C.G. da (ed), Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido. 2010. p 201-242.
- WRI BRASIL (2019) <https://abre.ai/bWPI>. Acesso em 15/10/2019.

