

FELIPE MIRANDA DE SOUZA ALMEIDA

**REDES SOCIAIS E EFICIÊNCIA NA PECUÁRIA LEITEIRA: O CASO DO
PDPL EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A447r
2017

Almeida, Felipe Miranda de Souza, 1993-
Redes sociais e eficiência na pecuária leiteira : o caso do
PDPL em Minas Gerais / Felipe Miranda de Souza Almeida. –
Viçosa, MG, 2017.
xi, 76f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Adriano Provezano Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.66-70.

1. Bovino de leite - Produção.
2. Redes Sociais.
3. Eficiência. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia. Programa de Pós-graduação em Economia.
- II. Título.

CDD 22. ed. 636.2142

FELIPE MIRANDA DE SOUZA ALMEIDA

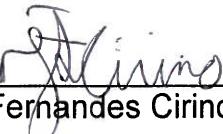
**REDES SOCIAIS E EFICIÊNCIA NA PECUÁRIA LEITEIRA: O CASO DO
PDPL EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de dezembro de 2017.



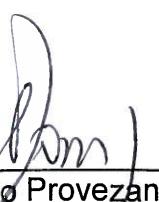
Giovana Figueiredo Rossi



Jader Fernandes Cirino



Alair Ferreira de Freitas
(Coorientador)



Adriano Provezano Gomes
(Orientador)

Aos meus pais Geovacil e Ednamar e aos meus irmãos Mateus e Gisela.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me abençoado, capacitado e por ter me dado forças para concluir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Geovacil e Ednamar, aos meus irmãos Mateus e Gisela e aos meus familiares meu infinito agradecimento. Obrigado por cada oração, pelo amor incondicional, carinho e incentivo.

A minha querida namorada, Cássia, pelo apoio, paciência, alegria, carinho, amor, amizade, compreensão e pelos momentos compartilhados. Obrigado por tudo.

Aos meus amigos Perdigão, DaPaz, Pelota, Favalessa, Arthur, Jackieline e Tatiana pela amizade incondicional.

Agradeço ao Emanuel, Nandão, Cabeça, Lucas, Cuquete, Diogo, Baiano, Ikrão, Guerra, Vicentão, Braulinho, Marquim, Vitim, Joãozinho, Mauro, aos Bandidos da LUVE, a toda ECO 11, aos amigos do Futebol de Campo da A.A.A./LUVE e do Futsal da Monetária pela parceria e amizade.

Gostaria de agradecer aos professores Adriano, Newton e Alair pelas orientações e conhecimentos compartilhados e aos meus amigos André, Rafael, Peter e Gabriel pelas orientações, parcerias em trabalhos, pela paciência e pela disposição em ajudar.

Um agradecimento especial aos professores do Departamento de Economia (DEE), pelos conhecimentos compartilhados e aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos.

À Universidade Federal de Viçosa, por me oportunizar um aperfeiçoamento gratuito e de excelência e à CAPES pelo apoio financeiro.

“Até aqui o Senhor nos ajudou” (1 Samuel 7.12).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O problema e sua importância	2
1.2. Hipótese	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo Geral.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
2. PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E EM MINAS GERAIS.....	6
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1. Teoria da firma, eficiência e produtividade.....	11
3.2. Difusão de inovação em redes sociais	15
4. METODOLOGIA	18
4.1. Análise envoltória de dados	18
4.2. Análise de redes sociais.....	22
4.3. Modelo baseado em agentes	25
4.3.1. Pressupostos do modelo de simulação	25
4.3.2. A regra de tomada de decisão e funcionamento do modelo.....	26
4.4. Local de estudo	29
4.5. Dados utilizados	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1. Eficiência na produção de leite	34
5.1.1. Comparação dos grupos de produtores eficientes e ineficientes ..	37
5.1.2. Benchmarks dos ineficientes	43
5.1.3. Projeção dos produtores na fronteira eficiente	45
5.2. Análise da rede de interação dos produtores do PDPL.....	47
5.2.1. Construção da rede de interação e suas medidas estruturais	47
5.2.2. Medidas individuais da rede de interação.....	49
5.3. O processo de difusão	53
5.4. Relação entre as medidas de eficiência e as redes pessoais	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da participação das regiões na produção brasileira de leite (2008-2015)	6
Figura 2 – Evolução da participação dos estados da região Sudeste na produção de leite da região (2008-2015)	7
Figura 3 – Retornos crescentes, decrescentes e constantes à escala considerando um modelo com um insumo variável	13
Figura 4 - Função de produção, produtividade e eficiência.....	14
Figura 5 - Função de produção: variação de da produtividade e da eficiência	15
Figura 6 – Eficiência técnica e eficiência de escala	22
Figura 7 - Tomada de decisão do produtor 1	27
Figura 8 - Processo de difusão e de tomada de decisão	28
Figura 9 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL	48
Figura 10 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade <i>indegree</i>	49
Figura 11 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade <i>outdegree</i>	50
Figura 12 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade <i>betweenness</i>	51
Figura 13 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a beta-centralidade.....	51
Figura 14 - Relação entre a pura eficiência e as medidas de centralidade <i>indegree</i> e <i>outdegree</i>	52
Figura 15 - Relação entre a pura eficiência e as medidas de centralidade <i>betweenness</i> e beta-centralidade	53
Figura 16 - Simulação da difusão iniciando nos produtores eficientes tecnicamente.....	54
Figura 17 - Simulação da difusão iniciando nos produtores com maior centralidade <i>indegree</i>	55
Figura 18 - Simulação da difusão iniciando nos produtores com maior centralidade <i>betweennes</i>	56
Figura 19 - Comparação das simulações da difusão iniciando nos produtores centrais e eficientes tecnicamente	57

Figura 20 – Política de intervenção na rede de interação dos produtores que participam do PDPL e a simulação da difusão iniciando nos produtores eficientes.....	58
Figura 21 - Estrutura <i>core/periphery</i> da rede de interação.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Países com maior produção de leite em 2015	1
Tabela 2 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade dos estados da região Sudeste.....	7
Tabela 3 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade nas mesorregiões mineiras em 2015	8
Tabela 4 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade nas microrregiões da Zona da Mata em 2015.....	8
Tabela 5 – Frequência dos produtores entrevistados de acordo com o percentual de pontos alcançados no teste de conhecimento em 2005.....	9
Tabela 6 – Frequência do número de vezes que o técnico visitou a propriedade do entrevistado em 2005.....	10
Tabela 7 - Principais medidas estruturais de uma rede	24
Tabela 8 - Principais medidas de centralidade dos nós de uma rede	24
Tabela 9 - Indicadores da produção de leite de produtores assistidos pelo PDPL.....	30
Tabela 10 - Escores de eficiência dos produtores	35
Tabela 11 - Distribuição dos grupos de produtores de leite segundo o tipo de retorno.....	37
Tabela 12 - Indicadores de tamanho dos grupos de produtores	38
Tabela 13 - Relações zootécnicas dos grupos de produtores	39
Tabela 14 - Indicadores técnicos dos grupos de produtores.....	40
Tabela 15 - Indicadores econômicos totais dos grupos de produtores	41
Tabela 16 - Indicadores econômicos unitários dos grupos de produtores	42
Tabela 17 - Os <i>benchmarks</i> e suas características relativas à eficiência técnica e de escala.....	44
Tabela 18 - Indicadores de tamanho, técnicos e econômicos dos produtores selecionados	45
Tabela 19 - Possíveis ganhos de renda bruta da atividade leiteira após a correção das ineficiências	46
Tabela 20 – Rede pessoal dos produtores eficientes	61
Tabela 21 - Tipificação dos produtores eficientes	62
Tabela 22 - Indicadores de tamanho grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala	73

Tabela 23 - Relações zootécnicas grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala	73
Tabela 24 - Indicadores técnicos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala	73
Tabela 25 - Indicadores econômicos totais dos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala.....	74
Tabela 26 - Indicadores econômicos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala	74
Tabela 27 - Medidas de centralidade dos produtores	76

RESUMO

ALMEIDA, Felipe Miranda de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2017. **Redes sociais e eficiência na pecuária leiteira: o caso do PDPL em Minas Gerais.** Orientador: Adriano Provezano Gomes. Coorientador: Alair Ferreira de Freitas.

Diante da importância da pecuária leiteira, do reconhecimento do seu caráter heterogêneo da produção e sua baixa produtividade, o questionamento desta pesquisa é se a configuração da rede social dos 31 produtores assistidos pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL) exerce influência sobre a eficiência dos mesmos. Adicionalmente, questiona-se como essa configuração influencia o processo de difusão de informação e inovação. Utilizase as metodologias de análise de rede sociais, modelo baseado em agentes e análise de eficiência o que possibilita analisar também a eficiência a partir da análise de redes sociais, ligando o contexto social ao econômico. Tal procedimento também seria uma alternativa no processo de construção de políticas sólidas de difusão de informação e inovação na cadeia produtiva do leite. Após o cálculo da eficiência técnica, constatou-se a existência de benefícios para os produtores ineficientes buscarem melhores práticas. Os resultados obtidos revelam a importância da eficiência técnica e de escala na melhoria dos desempenhos técnico e econômico das propriedades. Quanto aos indicadores técnico e econômico, observa-se que nas propriedades eficientes esses indicadores são mais favoráveis, reforçando essa relação de eficiência e ganhos econômicos. Com relação a análise de redes, conclui-se que a rede de interação dos produtores apresenta baixa coesão, que há diferenças entre os produtores quanto ao grau de centralidade e caracterizou-se a rede como disassortativa. Por meio da modelagem baseada em agentes constatou-se que a seleção de agentes eficientes para o processo de difusão seria a política mais adequada e que a estrutura da rede, a escolha dos adotantes iniciais e valores dos *pay-off's* de adoção e não adoção influenciam o processo. Embora ainda se faça necessária mais extensões e verificações, o presente trabalho sugere uma nova maneira de escolher políticas para acelerar o processo de difusão em sistemas lácteos típicos no Brasil e em outros países.

ABSTRACT

ALMEIDA, Felipe Miranda de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2017. **Social networks and efficiency in dairy farming: the case of PDPL in Minas Gerais.** Adviser: Adriano Provezano Gomes. Co-adviser: Alair Ferreira de Freitas.

Given the importance of dairy cattle, of recognition of its heterogeneous character of production and its low productivity, the questioning of this research and the configuration of the social network of the 31 producers attended by the Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL) has an influence on the efficiency of the same. In addition, it is questioned how this configuration influences the diffusion process of information and innovation. It is used as methodologies of social network analysis, model based on agents and efficiency analysis which also allows to analyse the efficiency from the analysis of social networks, linking the social context to the economic. Such procedure would also be an alternative to the process of building continuous policies of diffusion of information and innovation in the milk productive chain. After calculating the technical analysis, it was found that there were benefits to industrialized producers. The results obtained showed the importance of technical efficiency and scale in improving of the technical and economic performance of the property. As for the technical and economic indicators, it is observed that in the efficient property these indicators are more favorable, reinforcing this relationship of efficiency and economic gains. About the network analysis, it is concluded that the network interaction of producers presents low cohesion, that there are differences between their producers in the degree of centrality and the network was characterized as disassortative. Through the model based on agents, it was found that the selection of efficient agents to the diffusion process and would be the more adequate policy and the structure of the network, the choice of the initial adopters and values of the pay-offs of adoption and non-adoption influence the process. Despite still substantial more extension and verifications, this work suggests a new way of choosing policies to accelerate the diffusion process in typical dairy systems in Brazil and in other countries.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é a soma total de todas as operações e transações que envolvem a produção e distribuição de suprimentos agrícolas, as operações de produção dentro da fazenda, o armazenamento, processamento e distribuição de produtos agrícolas e dos itens produzidos a partir deles. A sua relevância pode ser medida através de sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que em 2015 superou 23% (CNA, 2016).

Dentre os setores que compõem o agronegócio brasileiro, o setor lácteo está entre os seis mais importantes e vem passando por significativas mudanças desde seu processo de desregulamentação¹ (SÍQUEIRA; KILMER; CAMPOS, 2010). Segundo Oliveira e Silva (2012), as transformações técnicas, operacionais e institucionais que ocorreram no setor provocaram reações e adaptações que interferiram de forma direta no contexto comercial, estrutural e organizacional do mesmo, desempenhando uma função relevante no desenvolvimento econômico e social do país.

O Brasil foi o quinto maior produtor de leite do mundo em 2015, sendo responsável por aproximadamente 4,5% da produção mundial de leite. Na Tabela 1 são apresentados os dez países com maior participação na produção de leite e suas respectivas produtividades em 2015.

Tabela 1 - Países com maior produção de leite em 2015

País	Participação na produção mundial (%)	Produtividade (em toneladas por vaca)
Índia	25,32%	1,18
União Europeia	26,26%	6,47
Estados Unidos	16,27%	1,15
China	6,68%	2,50
Rússia	5,17%	3,76
Brasil	4,53%	0,67
Nova Zelândia	3,68%	4,13
México	2,05%	3,70
Argentina	1,98%	5,75
Ucrânia	1,89%	4,71

Fonte: ANUALPEC (2016).

Apesar da elevada produção, a pecuária leiteira brasileira é marcada pela baixa produtividade. Em 2015, a produtividade dos EUA foi de 10,15 toneladas

¹ Fim do tabelamento de preço iniciado em 1945 que tinha por objetivo: (i) estimular a produção; (ii) reduzir a sazonalidade; e (iii) incentivar o consumo na forma fluida (OLIVEIRA; SILVA, 2012; SÍQUEIRA; KILMER; CAMPOS, 2010).

por vaca/ano, enquanto a do Brasil foi de apenas 0,67. Segundo SEBRAE-MG/FAEMG (2006), pode-se destacar dois aspectos desses resultados: i) Há grande número de produtores até 50 litros de leite/dia no Brasil, em que sua participação no total da produção é pequena contribuindo para a redução da média da produtividade; e ii) há possibilidade de aumento da produção de leite no país dada a baixa produtividade média do rebanho, demonstrando o grande potencial brasileiro na produção de leite.

Zoccal et al. (2008) destaca outras duas características marcantes do setor lácteo brasileiro. Segundo os autores, a produção do leite ocorre em todo o território nacional e há predominância de uma grande heterogeneidade dos sistemas de produção, existindo desde produtores de subsistência com técnicas e produção muito baixas até produtores com o mais moderno nível tecnológico e produtividade elevada.

1.1. O problema e sua importância

Diante da importância da pecuária leiteira, do reconhecimento do caráter heterogêneo da produção e da baixa produtividade se faz necessário a adaptação de programas públicos e privados para as diferentes realidades, apontando para políticas regionalizadas e de caráter tecnológicos que visem reverter os efeitos das desigualdades e da baixa produtividade. (BELIK, 2015; HOFFMAN, 1992).

Muitos fatores podem ser apontados como limitantes ao crescimento dos índices de produtividade e eficiência na produção de leite. Claramente, um deles está relacionado ao baixo nível de conhecimento dos produtores devido à existência de um problema na difusão de informações e inovações e não pela falta delas.

Diversos são os trabalhos aplicados a produtores de leite que buscam analisar se estes estão utilizando as tecnologias e os fatores de produção da melhor forma possível. Gonçalves et al. (2008), Heinrichs et al. (2013), Souza Rodrigues et al. (2011), Stokes, Tozer e Hyde (2007) e Travassos et al. (2015) utilizam o método não paramétrico de Análise envoltória de dados (DEA), técnica aplicada neste trabalho, para analisar a eficiência técnica de grupos de produtores de leite em diferentes localidades.

De modo geral, os autores apontam a necessidade de melhorias para que a pecuária de leite se torne eficiente na utilização dos insumos, destacando-se a importância do processo de difusão de informação e inovação e da assistência técnica voltada a como melhor utilizar os fatores de produção disponíveis. Entretanto, é preciso que as técnicas/tecnologias que são produzidas e que estão disponíveis sejam acessíveis, evidenciando-se assim, a complexidade do processo de difusão que além de ser social também é econômico.

Abrol e Gupta (2014), Conley e Udry (2010), Isaac (2012), Todo et al. (2011) e Wyckhuys e O'Neil (2007) buscaram, através da análise de redes sociais, entender o processo de difusão de técnicas, comportamentos, ideias e inovações em diversas atividades do meio rural. Em linhas gerais, os autores apontam a importância da configuração da rede de interação para o processo de difusão.

Nesse contexto, além dos atributos dos produtores e das características tecnológicas dos sistemas de produção, Rogers (2003) destaca a importância do conhecimento da configuração da rede social (*network*) na qual os produtores estão inseridos, no sentido de indicar qual a estratégia mais recomendada para obter sucesso no processo de propagação de determinado comportamento, novas técnicas de produção ou uso de tecnologia.

Estudos que relacionam a configuração da rede com o processo de difusão, como os citados anteriormente, apontam que as relações interpessoais influenciam a tomada de decisão dos indivíduos (GRANOVETTER, 1977). Assim, os agentes com maior poder de influência, ou seja, os líderes de opinião, podem ser decisivos para determinar o processo de difusão, dando origem a um ponto de inflexão no sistema social.

O ponto de inflexão (*tipping point*) é definido como o momento no qual uma nova informação alcança uma massa crítica, propagando-se endogenamente por toda a rede sem que o processo de difusão seja interrompido (ROGERS, 2003). Segundo Gladwell (2013), os agentes que podem fazer com que o processo alcance a massa crítica são os conectores, os especialistas em informação ou os persuasivos. Os agentes conectores, são os indivíduos que não são necessariamente os mais influentes da rede de interação, mas por transmitirem a informação em diferentes círculos sociais, culturais, profissionais e econômicos, podem acelerar o processo de difusão. Os

especialistas em informação são indivíduos que possuem um conhecimento acumulado sobre determinado assunto ou técnica e sabem a melhor maneira de compartilhá-lo com o sistema social. Os agentes persuasivos são indivíduos carismáticos com grande capacidade de argumentação.

Avanços na teoria da difusão questionam a validade da hipótese de que os líderes de opinião, compreendidos pelos agentes especialistas em informação e persuasivos, são os principais agentes no processo de difusão. Dessa forma, não necessariamente os indivíduos centrais para o processo de difusão são os indivíduos inovadores (ROGERS, 2003). Esta suposição parte da ideia de que os inovadores, ao possuírem uma posição central na rede de interação, estão mais comprometidos com o *status quo*. Assim, os produtores que possuem as melhores práticas podem não ser os agentes centrais no processo de difusão, dando uma maior importância para outros indivíduos do processo, como por exemplo, os conectores.

Assim, combinar as metodologias de análise de rede sociais, modelo baseado em agentes e análise de eficiência pode ser uma alternativa no processo de construção de políticas sólidas de difusão de informação e inovação na cadeia produtiva do leite, uma vez que existe políticas onde busca-se selecionar uma unidade representativa para a difusão utilizando tais métodos isoladamente (ISAAC, 2012; STOKES; TOZER; HYDE, 2007; TRAVASSOS et al., 2015; WYCKHUYSEN; O'NEIL, 2007) e até mesmo políticas em que a informação e inovação são levadas para cada produtor sem diferenciação (PDPL, 2016).

Combinar tais metodologias também possibilita ligar o contexto social ao econômico, visto que é possível analisar a eficiência a partir da análise de redes sociais, dotando assim a pesquisa de maior robustez e complexidade, agregando categorias e conceitos ainda pouco trabalhados na área.

Dessa forma, este trabalho consiste em um estudo de caso onde tais técnicas serão aplicadas aos produtores beneficiados pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL). O Programa, criado em 1988 e conduzido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), é um projeto de extensão rural que visa o treinamento de mão de obra especializada em gado leiteiro e a transferência de tecnologia para os produtores de leite, que hoje, pertencem aos municípios de Belo Vale, Bela Vista, Cajuri, Canaã, Carandaí, Coimbra,

Conselheiro Lafaiete, Cristiano Otoni, Divinésia, Dores do Turvo, Entre Rios de Minas, Érvalia, Guaraciaba, Guiricema, Muriaé, Paula Cândido, Piranga, Ponte Nova, Porto Firme, Presidente Bernardes, Piranga, São Geraldo, São Miguel, Teixeiras, Ubá, Viçosa e Visconde do Rio Branco, localizados no estado de Minas Gerais.

O problema de pesquisa deste trabalho pode então ser resumido em uma pergunta fundamental: A configuração da rede social dos produtores assistidos pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL) exerce influência sobre a eficiência dos mesmos? Adicionalmente, questiona-se como essa configuração influencia o processo de difusão de informações técnicas e tecnológicas?

1.2. Hipótese

A configuração da rede social dos produtores exerce influência sobre a eficiência dos produtores, assim como sobre o processo de difusão.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral é verificar se a configuração da rede social dos produtores assistidos pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL) influencia no processo de difusão de informações técnicas e tecnologias e na eficiência dos mesmos.

1.3.2. Objetivos específicos

- i) Definir as medidas de eficiência técnica dos produtores;
- ii) Caracterizar a configuração da rede social dos produtores;
- iii) Compreender o processo de difusão de informações técnicas na rede social dos produtores, identificando possíveis lacunas estruturais.

Com o propósito de atender aos objetivos gerais e específicos sugeridos, organizou-se este trabalho em seis capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo apresenta uma breve contextualização da produção de leite no Brasil e em Minas Gerais. O terceiro capítulo apresenta o referencial teórico que embasa o estudo. O quarto apresenta a metodologia e os dados que foram utilizados para atender tais objetivos. No quinto capítulo são apresentados os resultados e a discussão da pesquisa. Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais do estudo.

2. PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E EM MINAS GERAIS

Segundo dados do Anuário da Pecuária Brasileira - ANUALPEC (2016), a produção brasileira foi de 24,50 bilhões de litros de leite em 2015 e se comparado com o ano de 2008, houve um crescimento de aproximadamente de 9,30% da produção. Tal trajetória de crescimento da produção leiteira entre os anos de 2008 e 2015 pode ser observada na Figura 1, onde também é apresentada a evolução da participação das regiões na produção brasileira de leite.

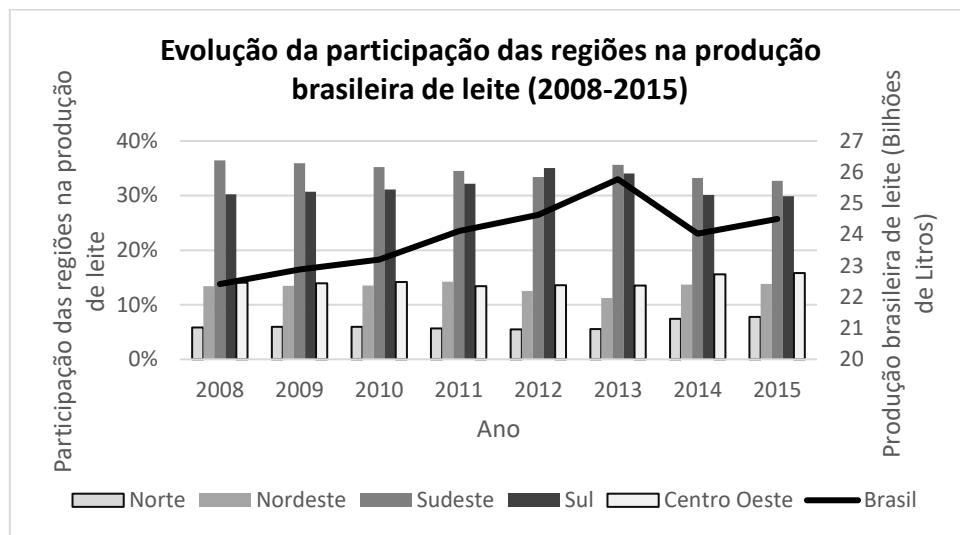


Figura 1 - Evolução da participação das regiões na produção brasileira de leite (2008-2015)

Fonte: ANUALPEC (2016).

No que se refere à geografia da produção, as regiões Sudeste e Sul responderam, de 2008 a 2015, a mais de 60% da produção nacional. Sendo a região Sudeste a principal produtora de leite, contribuindo, em 2015, com cerca de 33% da produção. Segundo SEBRAE-MG/FAEMG (2006), na região Sudeste estão concentrados os maiores centros de consumo, as indústrias de laticínios e a maior produção.

Na Figura 2 é apresentada a evolução da participação dos estados da região Sudeste na produção de leite regional. Destaca-se o estado de Minas Gerais que além de ser o estado de maior produção nacional teve uma participação de 70% na produção regional entre os anos de 2008 e 2015.

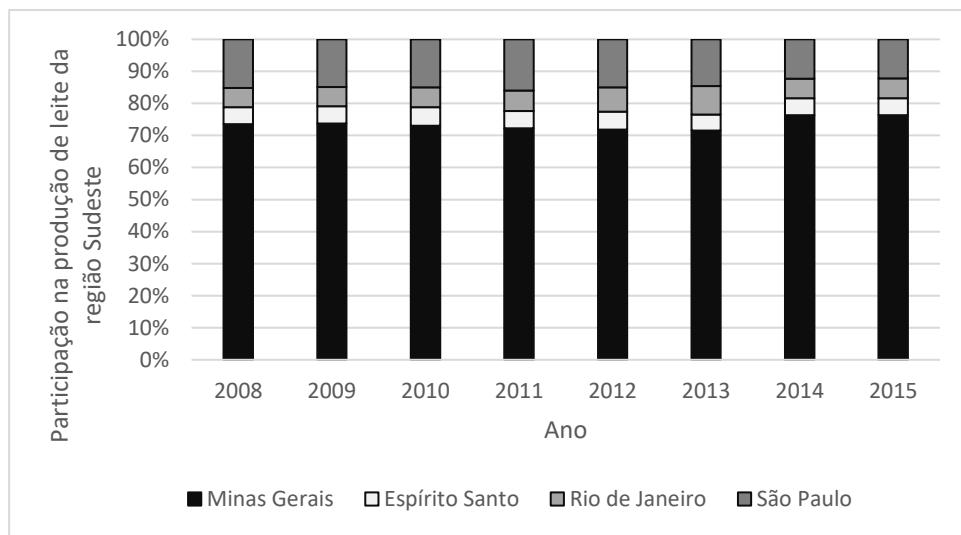


Figura 2 – Evolução da participação dos estados da região Sudeste na produção de leite da região (2008-2015)
Fonte: ANUALPEC (2016).

Segundo dados da Pesquisa de Produção Pecuária Municipal (IBGE, 2016), a produção de Minas Gerais ultrapassou 9 bilhões de litros em 2015 alcançando o posto de maior estado produtor de leite, seguido por Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. Apesar de obter a maior produtividade na região Sudeste, o estado possui a sexta maior produtividade, ficando atrás dos estados Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Alagoas e Pernambuco (IBGE, 2016). A Tabela 2 destaca o número de vacas ordenhas, a produção de leite e a produtividade dos estados que compõem a região Sudeste.

Tabela 2 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade dos estados da região Sudeste

Estado	Vacas ordenhadas (cabeças)	Produção (Mil litros)	Produtividade (litros/vaca/ano)
Minas Gerais	5.423.676	9.144.957	1.686
Espírito Santo	382.861	469.375	1.226
Rio de Janeiro	405.706	513.276	1.265
São Paulo	1.240.569	1.774.351	1.430

Fonte: IBGE, 2016.

No estado de Minas Gerais a produção encontra-se dispersa pelas doze mesorregiões do estado como pode ser observado nos resultados que são apresentados na Tabela 3. As mesorregiões Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste de Minas apresentaram, em 2015, os maiores níveis de produção. Quanto à produtividade as mesorregiões Central Mineira, Campos das Vertentes e Oeste de Minas se destacaram. A Zona da Mata foi a sexta entre as doze mesorregiões que mais produziu leite, cerca de 740 milhões de litros ou 8,10%

da produção mineira. Além disso, em valor de produção, essa atividade gerou para essa mesorregião cerca de R\$ 730 milhões em 2015 (IBGE, 2016). Portanto, destaca-se a importância da atividade leiteira da Zona da Mata - MG para o Estado de Minas Gerais e para a geração de renda e recursos para diversos produtores e famílias locais.

Tabela 3 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade nas mesorregiões mineiras em 2015

Mesorregiões	Vacas ordenhadas (cabeças)	Produção (Mil litros)	Produtividade (litros/vaca/ano)
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	1.252.135	2.407.619	1.923
Sul/Sudoeste de Minas	821.392	1.455.396	1.772
Central Mineira	395.903	839.277	2.120
Vale do Rio Doce	551.715	767.371	1.391
Oeste de Minas	361.562	749.469	2.073
Zona da Mata	456.517	740.440	1.622
Metropolitana de Belo Horizonte	327.923	601.239	1.833
Noroeste de Minas	252.899	530.555	2.098
Campo das Vertentes	174.664	382.621	2.191
Norte de Minas	354.502	311.316	878
Vale do Mucuri	257.769	205.958	799
Jequitinhonha	216.695	153.697	709

Fonte: IBGE, 2016.

Na Tabela 4, onde é apresentado o número de vacas ordenhadas, a produção e a produtividade das microrregiões da Zona da Mata no ano de 2015, observa-se que a produção se encontra dispersa pelas sete microrregiões da mesorregião. Tem-se que a microrregião de Juiz de Fora apresentou a maior produção, com aproximadamente 28,58% da produção da Zona da Mata, e a microrregião de Muriaé representa 17,22% da produção. As menores produções encontram-se nas microrregiões de Manhuaçu e Viçosa, que também apresentam as menores produtividades médias.

Tabela 4 - Número de vacas ordenhadas, produção de leite e produtividade nas microrregiões da Zona da Mata em 2015

Microrregião	Vacas ordenhadas (cabeças)	Produção (Mil litros)	Produtividade (litros/vaca/ano)
Juiz de Fora	122.079	211.615	1.733
Muriaé	86.259	127.486	1.478
Cataguases	63.069	106.957	1.696
Ubá	52.753	98.823	1.873
Ponte Nova	56.913	94.086	1.653
Viçosa	40.682	56.198	1.381
Manhuaçu	34.762	45.275	1.302

Fonte: IBGE, 2016.

Apesar da elevada representatividade da pecuária leiteira brasileira e mineira, no que se refere à produção e no valor da produção, a produtividade nacional e mineira estão abaixo do recomendável em termos mundiais (FONSECA TRAVASSOS et al., 2015). Enquanto a média nacional, em 2015, foi de 1.609 litros/vaca/ano, o estado de Minas Gerais, no mesmo período, obteve média de 1.686 litros/vaca/ano. A produção média da Zona da Mata foi de 1.622 litros de leite por vaca ano em 2015, superior à média brasileira (IBGE, 2016).

Dada a complexidade da produção de leite do país, diversos são os fatores que podem ser apontados como limitantes ao crescimento dos índices de produtividade e eficiência na produção de leite no Brasil. Um deles está relacionado ao baixo nível de conhecimento dos produtores e, indiretamente, ao reduzido índice de assistência técnica.

No Diagnóstico da Pecuária Leiteria do estado de Minas Gerais (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006) foi realizado um teste² com o intuito de verificar o nível de conhecimento dos produtores mineiros sobre a atividade. Em 1995, o mesmo teste foi aplicado aos produtores entrevistados para o diagnóstico da época, onde, em média, 56,79% das respostas estavam certas. Segundo SEBRAE-MG/FAEMG (2006), os produtores dos estratos de maior produção apresentaram maior percentual de acerto. Na Tabela 5 são apresentados os resultados do teste aplicado para o ano de 2005.

Tabela 5 – Frequência dos produtores entrevistados de acordo com o percentual de pontos alcançados no teste de conhecimento em 2005

Estratos de produção		Até 20%	21 a 40%	41 a 60%	61 a 80%	Acima de 80%
Até 50 L/dia	%	1,59	10,68	29,77	39,09	18,86
De 50 a 200 L/dia	%	0,85	11,02	30,51	38,70	18,64
De 200 a 500 L/dia	%	0,71	8,57	25,71	37,14	27,86
De 500 a 1000 L/dia	%	0,00	7,50	35,00	37,50	20,00
Acima de 1000 L/dia	%	0,00	15,38	26,92	42,31	15,38
Zona da Mata	%	1,01	13,13	33,33	28,28	24,24
Minas Gerais	%	1,10	10,50	29,60	38,70	20,00

Fonte: SEBRAE-MG/FAEMG (2006).

Observa-se, na Tabela 5, que 58,70% dos produtores entrevistados acertaram mais de 6 questões. Se comparado com o resultado do teste de 1995,

² O teste aplicado continha dez perguntas, em que o produtor respondia se a questão era falsa ou verdadeira. A cada resposta correta, o produtor ganhava um ponto (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006).

verifica-se que os produtores aumentaram seu conhecimento relacionado a pecuária leiteira. Segundo SEBRAE-MG/FAEMG (2006), entre as mesorregiões de maiores frequências de acerto estão Rio Doce, Campo das Vertentes e Noroeste de Minas, enquanto a menor frequência acontece em Jequitinhonha. Com relação a mesorregião da Zona da Mata tem-se que 52,52% dos produtores acertaram mais de 6 questões. Assim, de um modo geral, observa-se um baixo nível de conhecimento dos produtores mineiros com relação a pecuária leiteira.

Com relação a assistência técnica, na Tabela 6 são apresentadas as frequências do número vezes que o técnico visitou a propriedade do entrevistado. Observa-se um baixo índice de assistência técnica, especificamente para os produtores dos menores estratos. Verifica-se que 26,10% dos produtores entrevistados 26,10% receberam uma ou duas visitas. Já para a mesorregião da Zona da Mata, verifica-se que 47,41% dos produtores entrevistados não foram receberam visitas e 27,84% receberam uma ou duas visitas no ano.

Tabela 6 – Frequência do número de vezes que o técnico visitou a propriedade do entrevistado em 2005

Estratos de produção		Não foi visitado	De 1 a 2	De 3 a 6	Mais de 6
Até 50 litros/dia	%	51,15	25,35	8,26	15,21
De 50 a 200 litros/dia	%	50,43	24,93	12,03	12,61
De 200 a 500 litros/dia	%	50,71	24,29	12,14	12,86
De 500 a 1000 litros/dia	%	40,00	25,00	5,00	27,50
Acima de 1000 litros/dia	%	38,46	30,77	7,69	23,08
Zona da Mata	%	47,42	27,84	10,31	14,43
Minas Gerais	%	49,50	26,10	9,90	14,50

Fonte: SEBRAE-MG/FAEMG (2006).

Ainda segundo os dados do diagnóstico, verificou-se a existência de uma relação forte entre intensidade de assistência e renda na atividade leiteira. Em média, a renda bruta de produtores que receberam, em um ano, quatro visitas ou mais de técnicos, é cerca de 16 vezes maior do que a média daqueles que não receberam assistência técnica (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006). Assim, o reduzido índice de assistência técnica torna-se preocupante, considerando-se sua importância para o setor agropecuário.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Teoria da firma, eficiência e produtividade

O presente estudo fundamenta-se nos princípios da teoria da firma, que engloba as teorias da produção e do custo, as quais fornecem explicações sobre o processo decisório do produtor visando à otimização na utilização dos insumos.

Um produtor de leite busca coordenar os fatores de produção (vaca, terra, mão de obra, entre outros), dada uma variedade de combinações em um processo produtivo, de acordo com determinada tecnologia, visando a máxima eficiência econômica, ou seja, busca-se certo nível de produção que maximize o lucro ou minimize os custos (LOPES; REIS; YAMAGUCHI, 2007).

A função de produção leiteira indica a máxima quantidade de leite que um produtor pode produzir em função de uma combinação específica de insumos, sejam eles terras, vacas, entre outros (COELLI et al., 2005; VARIAN, 2010; VASCONCELLOS; GARCIA, 2006). A expressão da função de produção pode ser escrita como:

$$Leite = f(Terra, Vaca, Mão de Obra) \quad (01)$$

em que *Leite* é a quantidade produzida em função dos insumos terra, vaca e mão de obra. O produto pode ser gerado de diversas maneiras, visto que os insumos podem ser combinados em proporções variadas (VARIAN, 2010).

Segundo Santos, Lírio e Vieira (2009), conhecer a função de produção não é suficiente para determinar o nível ideal do produto, uma vez que a quantidade que o maximiza normalmente não é igual a que maximiza o lucro. Entretanto, a presença de uma restrição orçamentária pode fazer com que não seja possível atingir a quantidade ótima que se obtém o lucro máximo, visto que ela impossibilita o produtor de obter os insumos necessários para atingir tal nível. Assim, o produtor se depara com a possibilidade de definir a quantidade ótima maximizando a produção sujeito a uma restrição orçamentária ou minimizando os custos sujeito um determinado nível de produção. Tal abordagem é conhecido como o princípio da dualidade, apontando que a função de custo e a função de produção possuem essencialmente as mesmas informações (VARIAN, 2010).

Dessa forma, dada à função de produção, os produtores devem decidir como produzir e transformar as medidas físicas inerentes à tecnologia de

produção em custos para determinar o nível ótimo de produção e combinações de insumos.

A função de custo mensura o mínimo custo de produzir certo nível de produto, podendo ser escrita como:

$$CT = c(w, Leite) \quad (02)$$

onde CT é o custo total, $Leite$ é a quantidade produzida e w é o vetor de preços dos insumos.

É importante diferenciar o custo de curto e longo prazo quando se analisa o custo de produção. No curto prazo, há fatores fixos e fatores variáveis, assim o custo total da produção de leite pode ser descrito como a soma dos custos fixos e custos variáveis. Já no longo prazo todos os fatores de produção podem variar, sendo o custo total descrito pelos custos variáveis (VARIAN, 2010).

Outros conceitos importantes ligados a teoria da firma são o de fronteira de produção e retornos à escala. Segundo Coelli et al. (2005) e Varian (2010), a fronteira de produção é a representação do máximo de produto que pode ser obtido por cada nível de insumo utilizado na unidade de produção.

Os retornos à escala possibilitam a análise da variação da produção em detrimento da variação dos fatores de produção podendo assumir, como apresentado na Figura 3, três formas diferentes: retornos crescentes, se $f(tvaca) > tf(vaca) \forall t > 1$; decrescentes, se $f(tvaca) < tf(vaca) \forall t > 1$; ou constantes, se $f(tvaca) = tf(vaca) \forall t \geq 0$. Considerando um modelo com apenas um insumo variável, representado pela função $Leite = a Vaca^b$ em que a é uma constante e b é o retorno do fator variável, as três formas podem ser representadas por:

- i) se $b > 1$ o fator variável possui retornos crescentes;
- ii) se $b < 1$ o fator variável possui retornos decrescentes;
- iii) se $b = 1$ o fator variável possui retornos constantes.

Um produtor que possui retornos crescentes implica que, se dobrar o número de vacas existentes, a produção de leite mais que dobrará (Figura 3 (a)). Caso possua retornos constantes, Figura 3 (c), a produção leiteira aumentará na mesma proporção que o aumento do fator de produção e caso haja retornos decrescentes, Figura 3 (b), dobrando-se a quantidade de vacas a produção

aumentará menos que proporcionalmente (SANTOS; LÍRIO; VIEIRA, 2009; VARIAN, 2010).

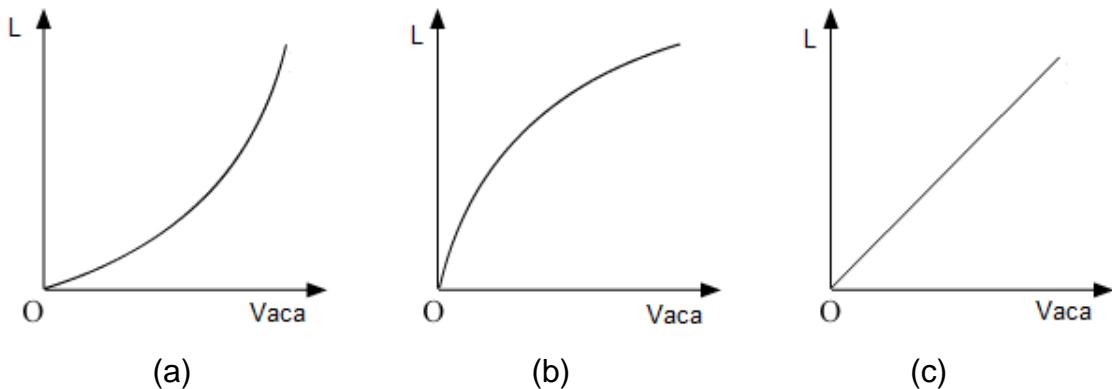


Figura 3 – Retornos crescentes, decrescentes e constantes à escala considerando um modelo com um insumo variável
Fonte: Elaboração própria.

Os produtores necessitam utilizar os recursos de que dispõem da melhor forma possível para sobreviverem em um ambiente competitivo. Porém, tal necessidade não está restrita à redução de custos operacionais, mas também a externalidades positivas ou negativas fundamentais, assim como as relacionadas a preservação do meio ambiente, o prolongamento da oferta de recursos naturais não renováveis e a qualidade de vida da população (FERREIRA; GOMES, 2009).

A produtividade está relacionada com a maneira em que recursos são utilizados para realizar a produção, sugerindo que o insumo esteja sendo utilizado da melhor forma possível em que não há excesso. Assim, a produtividade pode ser expressa pelo quociente da taxa de produto agregado sobre insumos agregados (FERREIRA; GOMES, 2009).

Uma empresa é dita eficiente se utiliza da melhor maneira possível as tecnologias de produção e os fatores produção. Segundo Farrell (1957), eficiência pode ser decomposta em eficiência técnica e alocativa. A eficiência técnica, conceito relativo, reflete a habilidade da firma obter o máximo de produto dado um conjunto de insumos. A alocativa reflete a habilidade da firma em utilizar os insumos em proporções ótimas, dados seus respectivos preços e a função de produção (COELLI et al., 2005).

Pode-se representar graficamente, Figura 4, os conceitos de retornos à escala, produtividade e eficiência, a partir do conceito de função de produção

estática de curto prazo da teoria da produção microeconômica, que utiliza um insumo, vaca, para produzir um produto, leite.

Através dessa função de produção cúbica, representada pela expressão (03) em que a, b, c e d são constantes, observa-se retornos crescentes à escala inicialmente, retornos decrescentes a partir da quantidade V_D de vacas, atingindo o máximo no ponto B, passa a ter retornos negativos a partir desse ponto.

$$\text{Leite} = f(\text{Vaca}) = a\text{Vaca}^3 + b\text{Vaca}^2 + c\text{Vaca} + d \quad (03)$$

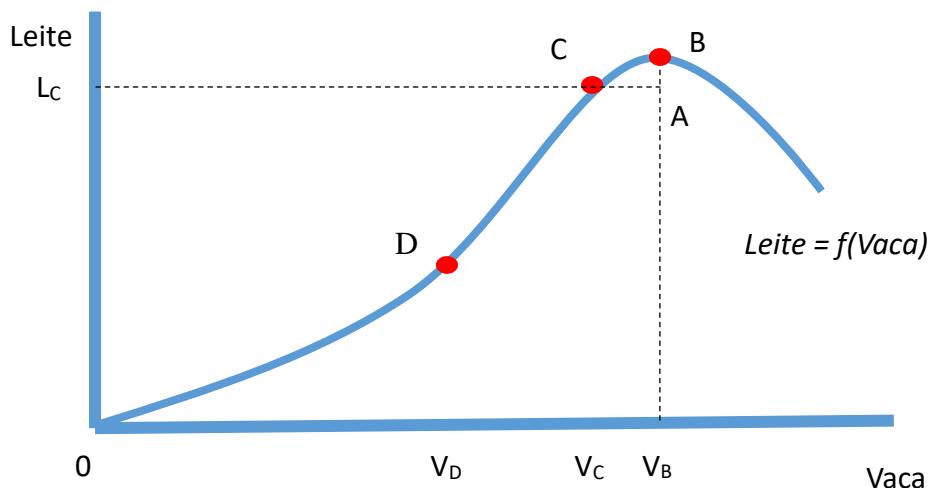


Figura 4 - Função de produção, produtividade e eficiência

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Com a análise da Figura 4, tem-se que os pontos B e C são tecnicamente eficientes, pois se referem às produções máximas de leite utilizando a quantidade de vacas correspondente. Entretanto, o ponto C possui maior produtividade média do que o ponto B, pois para produzir L_B no ponto B é necessário aumentar a quantidade de vacas, que é representada pelo segmento CA . Observa-se que o aumento da produção AB é menor do que o aumento CA , tem-se uma produtividade marginal $\frac{AB}{CA} < 1$. O ponto A é uma situação em que a produção é ineficiente, visto que com as mesmas quantidades de vacas é possível produzir L_B , em que $L_B > L_A$.

É possível observar essa diferença de outra forma, conforme apresentado na Figura 5. Observa-se que o segmento OC tangencia a função de produção em C, tendo a inclinação representada pela relação $\frac{\text{Leite}}{\text{Vaca}}$ (produtividade média), é crescente até o ponto C e tanto a produtividade média quanto a marginal decrescem rapidamente a partir desse ponto.

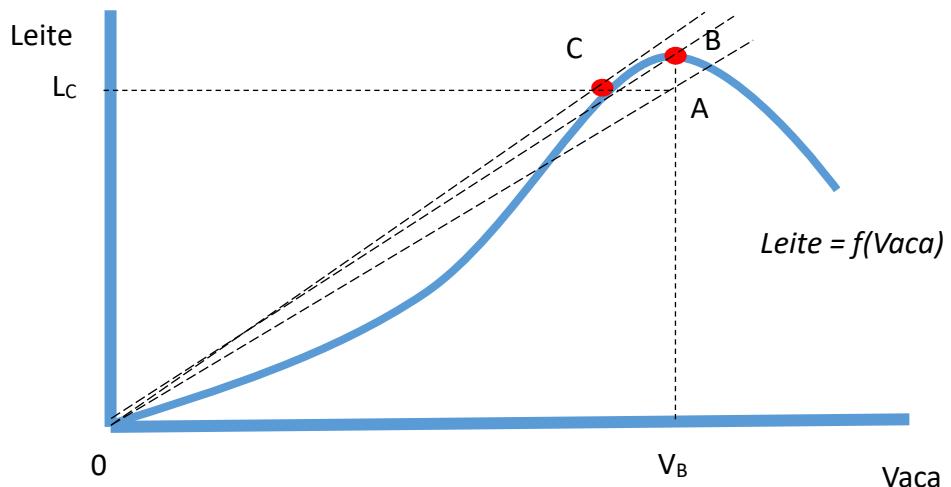


Figura 5 - Função de produção: variação de da produtividade e da eficiência
Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

A produção de leite no ponto A acontece de forma ineficiente e sua produtividade média é menor que nos pontos C e B, existindo, assim, duas formas de se buscar a eficiência: i) deslocando o ponto A para o ponto C, reduzindo a quantidade de vacas de V_A para V_C . Denomina-se orientação insumo, em que a produção permanece no mesmo patamar anterior; ou ii) deslocando o ponto A para o ponto B, de maneira que aumente a quantidade produzida de leite de L_A para L_B . Denomina-se orientação produto, em que é mantida a mesma utilização anterior do insumo, V_A .

3.2. Difusão de inovação em redes sociais

O presente estudo se propõe verificar a existência da influência da configuração da rede dos produtores assistidos pelo programa PDPL sobre o nível de eficiência dos mesmos e no processo de difusão. Acredita-se que a difusão de informações e inovações na pecuária leiteira seja dependente da topologia da rede de interação, visto que os produtores requerem contato com múltiplas fontes antes de tomarem a decisão de adotar ou não tais informações/inovações.

A difusão de inovação é o processo no qual novas ideias e práticas se propagam entre os membros de um sistema social. Tal processo possui quatro elementos-chave: i) inovação; ii) canais de comunicações; iii) tempo; e iv) sistema social. A inovação é uma ideia, prática ou objeto tido como novo para um indivíduo. Canais de comunicações são os meios em que indivíduos compartilham informação com os outros. O sistema social é o conjunto de

indivíduos, grupos informais, organizações ou subsistemas envolvidos na solução conjunta de problemas visando o objetivo comum (ROGERS, 2003).

O processo de desenvolvimento de uma inovação consiste em toda decisão, ação e seus impactos que ocorre dado uma necessidade ou problema, reconhecidos através de dois fatores: i) da pesquisa, desenvolvimento e comercialização de uma inovação; e ii) da difusão e adoção da inovação pelos usuários.

A decisão de inovar é um processo no qual um produtor, após tomar conhecimento da inovação, decide utilizá-la com o melhor curso de ação possível. Dada a incerteza inerente às novas ideias, alguns produtores levam em considerações as opiniões dos seus pares no processo de decisão.

Os tradicionais modelos de difusão tecnológica, aplicados em estudo de difusão de práticas inovadoras, baseiam-se em resultados obtidos nos estudos seminais de Griliches (1957) e Ryan e Gross (1943) que investigaram o processo de disseminação da semente de milho híbrido nos Estados Unidos. Os autores demonstram que a de difusão foi um processo essencialmente econômico, mas que compreendeu um componente de imitação entre os produtores de grande relevância, ou seja, fatores sociais foram influências importantes sobre a adoção.

Estudos de difusão de inovações evidenciam que características da inovação e dos adotantes, condições externas ou ambientais determinam a decisão individual de adoção (ROGERS, 2003; WEJNERT, 2002). Entretanto, segundo Tutzauer, Knon e Elbirt (2011), a comunicação interpessoal, em particular, é um dos mecanismos de adoção mais discutidos presente em uma variedade de modelos de difusão clássicos, assim como o modelos de imitação de Bass (BASS, 1969, 2004), o modelo de limiar (*threshold*) de Granovetter (GRANOVETTER, 1978), a hipótese do fluxo de duas fases (KATZ, 1957; WEIMANN, 1982), e os modelos de redes sociais (VALENTE, 2005, 2010; VALENTE; DAVIS, 1999).

Muitas pesquisas de difusão de décadas passadas focaram em características individuais relacionados à inovação, assim como o nível de educação, status socioeconômico, idade, entre outros fatores. Entretanto, segundo Rogers (2003), vários estudiosos de difusão têm investigado o papel das redes de relacionamento para explicar o foco da inovação individual.

Segundo Valente (1996, 2010), a teoria da difusão forneceu bases teóricas para investigar como as redes, formadas pela comunicação interpessoal, afetam os comportamentos ou as mudanças de comportamentos. Assim, o centro do processo de difusão é a modelagem e imitação, por potenciais adotantes, das experiências dos seus vizinhos com as novas ideias (ROGERS, 2003).

As técnicas e conceitos de análises de redes tem aplicações em um grande número de disciplinas científicas, como por exemplo, a antropologia, negócios, comunicação, ciência computacional, economia, educação, marketing, medicina, saúde pública, ciência política, psicologia e sociologia (VALENTE, 2010).

Segundo Bueno (2014), há duas hipótese sobre como novas ideias e comportamentos fluem através de redes sociais. O primeiro assume que elas se espalham como doenças infecciosas em que um único contato com um indivíduo infectado é suficiente para transmitir uma ideia ou comportamento. A segunda hipótese afirma que a difusão de ideias e comportamentos é essencialmente diferente da propagação de doenças, porque as pessoas geralmente requerem contato com múltiplas fontes de "infecção" antes de serem convencidas a adotar novas ideias ou comportamentos.

A topologia das redes de interação social, então, desempenha um papel fundamental na determinação das estratégias de comunicação mais eficientes entre as agências e os agricultores. Os estudos de Acemoglu, Ozdaglar e Yildiz (2011) e Pegoretti, Rentocchini e Marzetti (2012) concluem que a estrutura da rede social em que o indivíduo está inserido exerce influência no ritmo e o montante de indivíduos que efetivamente adotarão a nova tecnologia.

4. METODOLOGIA

O procedimento metodológico deste estudo consiste em três etapas. Na primeira etapa são calculadas, por meio da Análise envoltória de dados, as medidas de eficiência dos produtores de leites assistidos pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira. A segunda etapa, por meio da Análise de redes sociais, busca-se caracterizar a rede social dos produtores. E na terceira etapa, aplica-se o método Modelagem baseada em agentes visando compreender o processo de difusão na rede social e identificar possíveis lacunas estruturais.

4.1. Análise envoltória de dados

A determinação das fronteiras eficientes e os níveis de eficiência de unidades produtivas homogêneas têm sido frequentemente, realizados por meio de estimativas de funções de produção, de custo e de lucro, através de procedimentos estatísticos, para estimação de parâmetros das respectivas funções. Os métodos não paramétricos são métodos alternativos utilizados para estimar a função fronteira de produção baseados em programação matemática (FERREIRA; GOMES, 2004).

Segundo Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Cook et al. (2001), a Análise Envoltória de Dados, DEA (sigla em inglês de *Data Envelopment Analysis*) é uma ferramenta matemática não paramétrica que possibilita a mensuração da eficiência técnica relativa e possui vantagens à primeira abordagem: i) opera com múltiplos insumos e produtos; ii) não requer uma pressuposição de uma forma funcional para a função de produção; iii) gera um único escore de desempenho relativo às outras unidades; iv) diferencia as unidades eficientes das ineficientes; v) define os recursos e calcula o nível de ineficiência das unidades ineficientes; e vi) não possui o termo de perturbação, que poderia gerar viés nos resultados.

Esta técnica possibilita realizar uma avaliação de eficiências comparativas de unidades tomadoras de decisão, DMU (sigla em inglês de *Decision Making Unit*). Tal eficiência é definida como a razão da soma ponderada dos produtos (*outputs*) pela soma ponderada dos insumos necessários para gerá-los (*inputs*). Assim, objetiva-se com tal ferramenta, comparar certa quantidade de DMU's homogêneas que dispõem de quantidades diferentes de recursos e apresentam

resultados distintos. Os produtos e os insumos, além de poderem ser variáveis contínuas, ordinárias ou categóricas, podem ser medidas em diferentes unidades.

Existem dois modelos clássicos ao se tratar do DEA: o modelo CCR e o modelo BCC. O modelo CCR ou CRS (*Constant Return to Scale*), proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), considera a construção de uma superfície linear por partes, não paramétrica, que envolve os dados e supõe retornos constantes de escala, no qual, aumentos nos produtos (*outputs*) são proporcionais aos aumentos dos insumos (*inputs*).

O modelo BCC ou VRS (*Variable Return to Scale*), proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), introduz uma restrição de convexidade ao modelo CCR estabelecendo uma distinção entre ineficiências técnicas e de escala. A abordagem com retornos variáveis forma uma superfície convexa de planos de interseção e com isso os valores de eficiência técnicas obtidos são maiores ou iguais aos obtidos com retornos constantes. Isso ocorre pelo fato da medida de eficiência técnica obtida pelo modelo de retornos constantes ser composta pela medida de eficiência técnica do modelo de retornos variáveis, também conhecida como pura eficiência técnica, e pela medida de eficiência de escala (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984; COELLI et al., 2005; FERREIRA; GOMES, 2009).

Os modelos DEA podem ser orientados a insumos ou orientados a produto. Nos modelos orientados a insumos, os produtos permanecem constantes e os insumos variam visando atingir a fronteira de produção eficiente. Já nos modelos orientados a produtos, os insumos permanecem constantes enquanto as produções variam visando atingir a fronteira de produção eficiente.

Realizando a suposição de que existam k insumos, m produtos e n DMU's é possível construir as matrizes X ($k \times n$) e Y ($m \times n$) representando os dados de todas as n DMU's. Assim, os problemas de programação linear (PPL) para os modelos CCR e BCC com orientação produto podem ser estruturados.

Os programas de programação linear apresentados posteriormente são resolvidos uma vez para cada DMU, e como resultado, são apresentados os valores de λ , θ e ϕ . θ e ϕ , que apresentam o escore de eficiência da DMU que está sendo analisada e, caso a DMU não seja eficiente, os valores de λ fornecem as DMU's que serve de *benchmark*.

O modelo com suposição de retornos constantes à escala é escrito como:

$$\text{MAX}_{\phi, \lambda, S^+, S^-} \phi$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned}
 -\phi y_i + Y\lambda - S^+ &= 0 \\
 x_i - X\lambda - S^- &= 0 \\
 \lambda &\geq 0 \\
 S^+ &\geq 0 \\
 S^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{04}$$

O modelo com suposição de retornos variáveis é escrito como:

$$\text{MAX}_{\phi, \lambda, S^+, S^-} \phi$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned}
 -\phi y_i + Y\lambda - S^+ &= 0 \\
 x_i - X\lambda - S^- &= 0 \\
 N1'\lambda &= 1 \\
 \lambda &\geq 0 \\
 S^+ &\geq 0 \\
 S^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{05}$$

em que y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produtos da i -ésima DMU; x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidade de insumos da i -ésima DMU; Y é uma matriz ($m \times n$) de produtos das n DMU's; X é uma matriz ($n \times k$) de insumos das n DMU's; λ é um vetor ($n \times 1$) de pesos; S^+ é um vetor de folgas nos produtos; S^- é um vetor de folgas nos insumos; $N1$ é um vetor ($n \times 1$) de algarismos unitários; e θ e ϕ são escalares que possuem valores iguais ou menores a 1. Os valores obtidos para θ e ϕ indicam os escores de eficiência da DMU, ou seja, um valor igual a 1 indica eficiência técnica da DMU em relação as demais. Valores menores que 1, evidenciam a presença de ineficiência relativa (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984; CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

A eficiência de escala pode ser calculada pela razão entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes, pois a medida de eficiência técnica com retornos constantes à escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala. Entretanto, essa medida de eficiência não indica se a DMU está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Tem-se apenas que, se a medida de eficiência de escala for igual a um, a firma estará operando com retornos constantes à escala;

no entanto, se for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes. Para resolver tal situação, admite-se a pressuposição de retornos não crescentes ou não decrescentes. Considerando-se o caso de retornos não crescentes, a formulação consiste em alterar a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA. Para isto, basta substituir a restrição $N1'\lambda=1$, em (05), pela restrição $N1'\lambda \leq 1$, obtendo-se o seguinte modelo:

$$\text{MAX}_{\phi, \lambda, S^+, S^-} \phi$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned}
 -\phi y_i + Y\lambda - S^+ &= 0 \\
 x_i - X\lambda - S^- &= 0 \\
 N1'\lambda &\leq 1 \\
 \lambda &\geq 0 \\
 S^+ &\geq 0 \\
 S^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{06}$$

A Figura 6 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Podem-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC) e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo essa última descrita pela linha pontilhada.

Considerando o ponto P na Figura 6, ao se admitir a pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância PPC, enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância PPV, sob a pressuposição de retornos variáveis. A razão entre essas duas, PCPV, fornece a ineficiência de escala.

Neste trabalho será utilizado o modelo com pressuposição de retornos variáveis à escala, uma vez que este permite a separação dos resultados em relação a pura eficiência técnica e a eficiência de escala. Além disso, será utilizada a orientação a produto, em que as propriedades da atividade leiteira buscarão maximizar o produto, mantendo os insumos constantes. A utilização da orientação produto parte da pressuposição de que os produtores buscam maximizar o produto dada a disponibilidade dos fatores de produção e dos recursos.

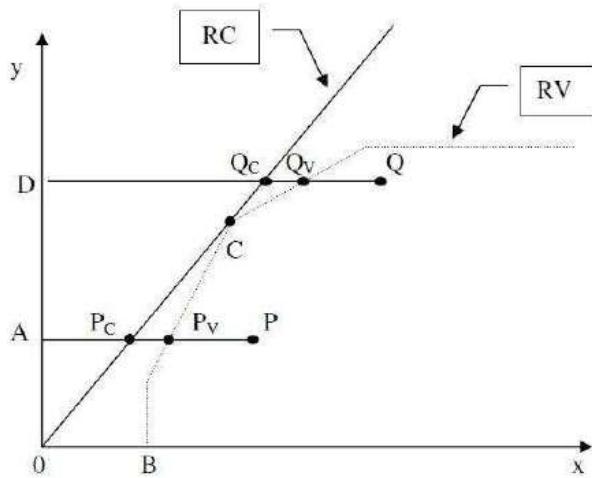


Figura 6 – Eficiência técnica e eficiência de escala

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

A metodologia DEA mede, por meio de seus modelos, a eficiência relativa. Assim, os resultados dependem das unidades tomadoras de decisão avaliadas, ou seja, da amostra. Uma alteração na amostra, incluindo ou excluindo uma única DMU, poderia alterar a relação de unidades eficientes (ACOSTA; SILVA; LIMA, 2011). Com isso, é importante destacar que os resultados expostos neste trabalho estarão condicionados à amostra e às variáveis utilizadas.

4.2. Análise de redes sociais

A análise de redes sociais (ARS) é uma forma de pensar um sistema com o foco nas relações entre as unidades que o compõem. Estas unidades são formalmente chamadas de nós e podem ser definidos como pessoas, firmas, setores da economia, países, grupos políticos, espécies e etc. dependendo de qual sistema se está estudando.

O que conecta os nós em uma rede social são os laços ou *links* (*edges*) que podem também representar uma infinidade de relações, por exemplo: um mesmo conjunto de pessoas, pode estar conectado de diversas formas sejam por laços de família, laços de amizade, laços de trabalho etc., ou as firmas podem estar conectadas por uma rede de suprimentos, uma rede de cooperação, ou mesmo por fluxo de pessoas ou informações. A determinação de quais os tipos de relação que serão consideradas na análise do sistema é um ponto fundamental para os estudos de rede.

Dessa forma, um conjunto de nós, raramente estará conectado por apenas uma dimensão e essa superposição de relações gera complexidade nas análises. Na prática, cada dimensão de conexão entre um mesmo conjunto de

indivíduos deve ser tratada como redes diferentes, que podem ser correlacionadas em diferentes magnitudes.

Outra característica das conexões entre os nós e que interfere nas métricas da análise de redes é se essas conexões são direcionadas ou não direcionadas. Nas redes direcionadas os *links* entre os nós são representados por setas e indicam uma relação unidirecional, por exemplo, o fluxo de suprimentos de matéria prima para uma indústria ou em uma rede de aconselhamento técnico onde os mais experientes passam informações para os mais jovens. Em redes não direcionadas, os *links* são apenas linhas de conexão que indicam reciprocidade entre os nós, se A é parente de B logo B invariavelmente é parente de A.

Portanto, o elemento básico para o estudo de uma rede social é a construção de uma matriz de adjacência, que geralmente é quadrada com os nós nas linhas e nas colunas. Cada célula da matriz corresponde a existência ou não de um *link* entre os indivíduos, 1 ou 0 respectivamente. A partir da matriz de adjacência é possível representar graficamente a rede social e realizar o cálculo dos diversos indicadores.

A elaboração da matriz social pode ser obtida, por exemplo, a partir da informação de com quem o produtor se relaciona socialmente de forma mais frequente ou a quem ele recorre para obter informações relacionados à produção de leite, pode-se identificar a matriz de relacionamento desse grupo de produtores.

Após a identificação da matriz de relações será possível computar diversas características fundamentais para o processo de difusão de informações e tecnologias, sejam elas relacionadas aos produtores ou à rede de interação desses produtores³.

No que tange ao nível estrutural são calculadas métricas que permitem comparar as redes entre si e fazer inferências sobre o grau de coesão, densidade e o tamanho da rede, Tabela 7. Estas métricas estão relacionadas à velocidade e com a capacidade de propagação de informações pelos nós. Nesse sentido, a análise de redes é útil em estudos de difusão de inovações no apoio a formulação de políticas.

³ Utilizou-se o software Ucinet 6 (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002) para computar tais características.

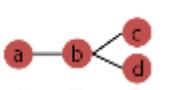
Tabela 7 - Principais medidas estruturais de uma rede

Medidas	Descrição
Centralidade média	Número médio de conexões entre os indivíduos
Densidade	Representa a proporção de ligações existentes na rede em relação ao total de ligações potenciais. Quanto maior a densidade maior a coesão da rede.
Grau de Centralização	Mede a proporção média de ligações que um ator tem em relação ao total de ligações. Representa uma medida de dispersão da centralidade dos indivíduos. Quanto maior a Centralização, maior será a velocidade de difusão se um indivíduo central receber a informação.
Grau de assortatividade (Fitness: Núcleo-Periferia)	Varia entre zero e 1. Quanto mais próximo de zero maior a importância dos líderes para difusão da informação.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Borgatti, Everett e Freeman (2002), Borgatti, Everett e Johnson (2013), Prell (2012) e Wasserman e Faust (1994).

Em relação aos indivíduos além dos atributos que podem ser úteis para segmentar e distinguir os nós em classes ou grupos, as métricas utilizadas medem principalmente a centralidade e a posição social relativa em relação aos demais, Tabela 8. Isso implica que cada nó possui uma posição única na rede e isso lhe confere características tais como: prestígio, intermediação, nível de atividade na rede, bem como possibilidades de acessar oportunidades, exercer poder e sofrer restrições em relações aos demais indivíduos (BURT, 1995).

Tabela 8 - Principais medidas de centralidade dos nós de uma rede

Medidas	Descrição (medidas para o indivíduo "a")	Representação
Degree	Número de conexões não direcionadas de cada indivíduo. Representa o quanto o indivíduo é conectado aos demais. ("a" e "b" estão conectados)	
Indegree	Número de conexões que indicam o indivíduo como referência técnica para os demais. Número de vezes que cada indivíduo foi citado como referência técnica. ("a" foi indicado como referência por "b")	
Outdegree	Número de conexões que um indivíduo forma para esclarecer dúvidas técnicas. ("a" indicou "b")	
Beta-centralidade	Indicador similar ao grau de conexão (Degree), porém leva em consideração o grau de conexão dos indivíduos aos quais o indivíduo em análise está ligado. ("a" tem maior Beta do que "e", pois "b" está conectado a "c" e "d" e "f" somente a "g")	
Betweenness	Representa o grau de intermediação de um indivíduo. Capacidade de articular informações entre grupos de indivíduos. ("a" é um intermediário entre os grupos "b, c" e "d, e")	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Borgatti, Everett e Freeman (2002), Borgatti, Everett e Johnson (2013), Prell (2012) e Wasserman e Faust (1994).

A ARS é útil para a evolução da teoria econômica comportamental, pois permite relacionar às decisões dos agentes (indivíduos ou firmas) às decisões dos seus vizinhos e a configuração do ambiente social em que está inserido, abrindo uma nova perspectiva para modelos que usam a lógica da ação coletiva

(GRANOVETTER, 1978) e efeitos de difusão de informações (ROGERS, 2003; VALENTE, 1996).

4.3. Modelo baseado em agentes

A modelagem baseada em agentes (MBA) permite analisar sistemas complexos que emergem das relações entre os agentes e o ambiente no qual estão inseridos. Segundo Aguilar et al. (2001), a simulação baseada em agentes substitui atores individuais ou grupos de um determinado sistema por representações de software destes atores (ou grupos). Estes modelos tentam criar “micro-mundos” em um computador visando determinar como as iterações e comportamentos dos vários agentes individuais produzem estrutura e padrão (BERRY; KIEL; ELLIOTT, 2002). Assim, a MBA será utilizada como um meio alternativo de explorar os efeitos de rede no processo de difusão.

4.3.1. Pressupostos do modelo de simulação

O modelo neste trabalho foi construído e simulado no software *NetLogo* 5.2.0 (WILENSKY, 1999), onde utilizou-se uma linguagem de modelagem gráfica, para construir um ambiente simulando a rede de relacionamentos. Essa rede, apesar de ser uma representação simples do mundo real, permite verificar hipóteses a respeito do processo de difusão.

O modelo de simulação segue os seguintes pressupostos:

- i) reproduzirá a rede de interação dos produtores que participam do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira, seguindo todas as suas características;
- ii) os agentes do modelo corresponderão aos produtores assistidos pelo Programa;
- iii) as conexões entre os produtores serão determinadas a partir da matriz de relações, que serão importadas para o ambiente de simulação;
- iv) as interações entre os produtores serão definidas obedecendo à direção da indicação de cada produtor;
- v) a rede de interação não necessariamente estará totalmente conectada, podendo existir produtores quem não interajam com os demais na rede;
- vi) foram desconsideradas eventuais trocas de informações dos produtores com indivíduos que não compõem a rede de interação;

- vii) o produtor depara-se com a opção de adotar uma única inovação, informação ou tecnologia que está sendo difundida;
- viii) a difusão ocorre por meio do contagio de influência, assim os produtores podem influenciar seus vizinhos desde que respeitada a direção da indicação e a regra de tomada de decisão apresentada na subseção 4.3.2;
- ix) todos os produtores possuem o mesmo *threshold*, ou seja, foi adotado *threshold* homogêneo.

Destaca-se que o modelo proposto pode ser aplicado para qualquer grupo de produtores de diferentes atividades. Por isso, trata-se de um modelo geral e ao se inserir características específicas, o modelo capta especificidades da rede estudada.

4.3.2. A regra de tomada de decisão e funcionamento do modelo

A pressuposição básica do modelo é que os produtores estarão conectados em uma rede social que faz com que seus comportamentos e decisões influenciem uns aos outros. Assim, seu comportamento, não é de um agente maximizador somente com sua função objetivo e restrições individuais, ele leva em consideração também o efeito do ambiente em que está inserido e consequentemente o padrão de conexões estabelecidas.

Nesse contexto, supõe-se que cada produtor tenha que escolher entre dois possíveis comportamentos, adotar a inovação, informação ou tecnologia (A) ou não adotar a inovação, informação ou tecnologia (B). Se o produtor 1 e o produtor 2 possuem uma relação, eles terão um incentivo em coincidir o comportamento. Assim, representa-se tal situação utilizando um jogo de coordenadas, onde os *pay-off's* são definidos como:

		Produtor 2		(07)
		A	B	
Produtor 1	A	a, a	0, 0	
	B	0, 0	b, b	

- i) se o produtor 1 e o produtor 2 adotarem o comportamento A, cada um deles obtém o *pay-off* $a > 0$;
- ii) se o produtor 1 e o produtor 2 adotarem o comportamento B, cada um deles obtém o *pay-off* $b > 0$;
- iii) se adotarem comportamentos opostos, eles obterão *pay-off* 0.

Tendo a rede como um todo, o produtor 1 realizará um jogo com cada um dos seus vizinhos. Dessa forma, a maximização do seu *pay-off*, visto que alguns vizinhos do produtor 1 adotam A e outros adotam B, vai depender tanto da proporção de vizinhos que adotam cada comportamento quanto dos valores dos *pay-off's* *a* e *b*.

Supondo-se que *p* seja a fração dos vizinhos do produtor 1 que adotam o comportamento A, $(1-p)$ a proporção dos vizinhos que adotam o comportamento B e *d* o número de vizinhos, *pd* será o número de vizinhos que adotam A e $(1-p)d$ que adotam B, como apresentado na Figura 7. Assim, se o produtor escolhe A, o seu *pay-off* será *pda*, e se escolhe B seu *pay-off* será $(1-p)db$. Então, A será a melhor escolha, se:

$$pda \geq (1-p)db \quad (08)$$

ou, rearranjando os termos, se:

$$p \geq \frac{b}{a+b} \quad (09)$$

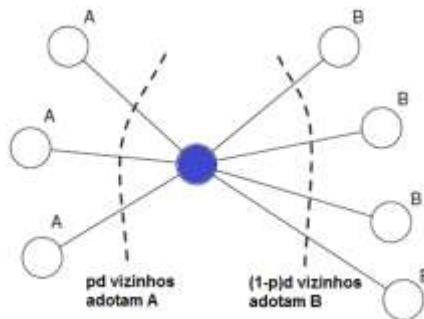


Figura 7 - Tomada de decisão do produtor 1

Fonte: Easley e Kleinberg (2012).

A regra de *threshold* então pode ser determinada pela expressão (10) que diz que se uma fração de pelos menos *q* vizinhos adotarem o comportamento A, o produtor também adotará.

$$q = \frac{b}{a+b} \quad (10)$$

Com o intuito de ilustrar a regra de tomada de decisão individual e o funcionamento do modelo apresentou-se um exemplo ilustrativo, Figura 8. Dada uma rede de seis produtores buscou-se estudar como se daria o processo de tomada de decisão dos produtores, em adotar o comportamento A e o comportamento B, onde os valores dos *pay-off's* *a* e *b* seriam iguais a 3 e 2, respectivamente.

O processo foi dividido em quatro etapas destacando-se que a sua interrupção ocorre quando todos os produtores mudam o comportamento para A ou quando nenhum produtor deseja alterar seu comportamento, ou seja, continuar com o comportamento B. Dessa forma, as etapas foram:

- i) primeira etapa - Figura 8 (a): todos os produtores possuem o comportamento padrão, comportamento B;
- ii) segunda etapa Figura 8 (b): inicialmente, supõe-se que os produtores v e w decidem adotar o comportamento A (representando a adoção pela borda em negrito), ou por terem sido convencidos ou por acreditarem na superioridade de A. Entretanto, assume-se que os demais produtores ainda continuam avaliando os seus *pay-off's* por meio do jogo de coordenadas;
- iii) terceira etapa - Figura 8 (c): Os demais produtores, que ainda utilizam B, utilizam a regra do *threshold* para decidir se muda seu comportamento de B para A. Dado os valores dos *pay-off's*, os produtores compararam a proporção de vizinhos que adotaram o novo comportamento com o valor do *threshold* (q), que neste caso é 0,4. Se os valores forem maiores ou iguais a q, o produtor mudará do comportamento B para o A. É o que acontece com os produtores r e t ($0,66 > q = 0,4$) e não acontece com os produtores s e u ($0,33 < q = 0,4$);
- iv) quarta etapa - Figura 8 (d): Apenas os produtores s e u não mudaram de comportamento. Entretanto, após a adoção dos produtores r e t, a regra do *threshold* desses produtores sofreu alteração fazendo com que eles também alterem seus comportamentos ($0,66 > q = 0,4$).

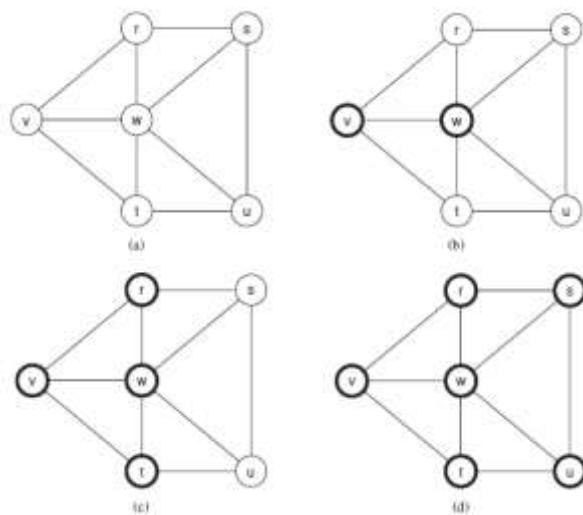


Figura 8 - Processo de difusão e de tomada de decisão
 Note: Círculos com a borda em negrito adotaram o novo comportamento.
 Fonte: Easley e Kleinberg (2012).

Posteriormente incorporou-se no modelo o efeito da rede, denominando a tomada de decisão como regra de *threshold* dinâmico, em que os *pay-offs* de adoção e não adoção são afetados pela decisão de todos os produtores da rede. Assim, quanto mais produtores da rede adotarem o comportamento A, maior será o *pay-off* a (*pay-off* de adoção) e menor *pay-off* b (*pay-off* de não adoção). A regra de *threshold* dinâmico então pode ser determinada pela expressão (11)

$$q^* = \frac{b(1-p)}{a(p) + b(1-p)} \quad (11)$$

4.4. Local de estudo

O Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira, criado em 1988, é projeto de extensão rural, conduzido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), voltado para o treinamento de mão de obra especializada em gado leiteiro e a transferência de tecnologia para produtores de leite.

O PDPL, que surgiu como uma demanda da Nestlé por parceiros para implementação de programas de cunho social, tem caráter educativo e sociocultural, e oferecem serviços em duas áreas à comunidade: i) oferecendo estágios aos acadêmicos, proporcionando-lhes experiências ligadas as áreas de extensão da pecuária leiteira (agronômica, zootécnica, veterinária e administrativa); e ii) transferindo tecnologias competitivas para os fazendeiros, buscando à evolução da sua produção econômica de leite e possibilitando a manutenção do homem no campo.

Com uma equipe formada por técnicos, estagiários, estudantes da UFV e de outras instituições, o Programa, oferece, de maneira gratuita, conhecimentos tecnológicos na produção e administração de fazendas produtoras de leite, sendo, atualmente, referência em programa de extensão rural e desenvolvimento agrário no Brasil.

Hoje, o Programa atende 50 produtores dos municípios de Belo Vale, Bela Vista, Cajuri, Canaã, Carandaí, Coimbra, Conselheiro Lafaiete, Cristiano Otoni, Divinésia, Dores do Turvo, Entre Rios de Minas, Érvalia, Guaraciaba, Guiricema, Muriaé, Paula Cândido, Piranga, Ponte Nova, Porto Firme, Presidente Bernardes, Piranga, São Geraldo, São Miguel, Teixeiras, Ubá, Viçosa e Visconde do Rio Branco, localizados no estado de Minas Gerais.

A consultoria, econômica e produtiva, consiste na análise técnica da atividade leiteira, visando o aumento da escala de produção de leite e a redução

dos custos. A Tabela 9 apresenta a evolução de alguns indicadores da produção de leite assistidos pelo PDPL desde a sua criação.

Tabela 9 - Indicadores da produção de leite de produtores assistidos pelo PDPL

	1988	2015
Produção de Leite (Litros/dia)	97	943
Produtividade dos Animais (Litros/vaca/dia)	4.3	16.5
Produtividade da terra (Litros/há/ano)	450	5616
Margem bruta da atividade (Mil R\$/ano)	16.5	130.3

Fonte: PDPL, 2016.

O Programa beneficia todos os envolvidos por meio da oferta de convivência com situações reais de trabalho profissional aos acadêmicos da Universidade e de outras instituições, mediante treinamento integrado em diversos níveis tecnológicos e operacionais, com simultânea transferência sistemática de tecnologia aos produtores de leite.

Assim, o PDPL constitui um excelente estudo de caso para o que se pretende neste trabalho, pois permite testar eficiência produtiva com relações entre seus produtores participantes.

4.5. Dados utilizados

A aplicação da metodologia de análise envoltória de dados está condicionada, além da especificação do modelo de DEA a ser utilizado, à definição da unidade tomadora de decisão (DMU) e das variáveis. As DMU's correspondem aos produtores de leite que fazem parte do PDPL. O produto e os insumos selecionados, disponibilizados pela equipe técnica do Programa, são:

i) **Produto (*output*):**

a) Renda bruta da atividade no ano de 2016, medida em R\$/ano. A renda bruta é composta pela soma das receitas provenientes da venda e do autoconsumo de leite e de animais. Optou-se por medir o produto em termos de valor da produção ao invés da produção física, uma vez que o valor unitário de venda dos produtos difere muito. Com isso, a utilização de quantidades físicas pode distorcer a realidade dos sistemas de produção, quando o objetivo é compará-los.

ii) **Insumos (*inputs*):**

- Área utilizada para pecuária no ano de 2016, medida em hectares;
- Número de vacas da propriedade no ano de 2016, medido em cabeças;

c) Custo operacional total da atividade leiteira (COT) no ano de 2016. Medido em R\$/ano, o COT é composto por todas as despesas diretas na produção de leite, ou seja, mede todos os desembolsos realizados pelo produtor ao longo de um ano de atividade, acrescidos do valor da mão de obra familiar e das depreciações de máquinas, benfeitorias, animais de serviço e forrageiras não anuais.

Uma vez calculada as medidas de eficiência através da metodologia DEA, busca-se caracterizar grupos de produtores eficientes e ineficientes utilizando indicadores, também disponibilizados pela equipe técnica do Programa, de c, que têm como referência o ano de 2016, que são eles:

i) Indicadores de tamanho:

- a) Área utilizada para pecuária, medida em hectares;
- b) Número de vacas da propriedade, medido em cabeças;
- c) Número de vacas em lactação da propriedade, medido em cabeças;
- d) Número de animais da propriedade (média mensal), medido em cabeças;
- e) Produção anual de leite da propriedade, medido em mil litros por ano;
- f) Produção média de leite da propriedade, medido em litros por dia;
- g) Estoque de capital da propriedade, medido em mil reais;
- h) Estoque de capital da propriedade em benfeitorias, medido em porcentagem;
- i) Estoque de capital da propriedade em maquinas, medido em porcentagem;
- j) Estoque de capital da propriedade em animais, medido em porcentagem;
- k) Estoque de capital da propriedade em terra, medido em porcentagem;
- l) Estoque de capital da propriedade em forragem, medido em porcentagem;

ii) Relações zootécnicas:

- a) Número de vacas em lactação pelo número de vacas, medido em porcentagem;
- b) Número de vacas em lactação pelo número de animais, medido em porcentagem;

c) Número de vacas em lactação pela área utilizada para pecuária, medido em cabeças por hectare.

iii) Indicadores técnicos:

- a) Produção de leite por número de vacas em lactação, medidos em litros por vaca por dia;
- b) Produção de leite por número de vacas, medidos em litros por vaca por dia;
- c) Produção de leite pela mão de obra permanente, medidos em litros por dia-homem trabalhado;
- d) Produção de leite pela área utilizada para pecuária, medido em litros por hectare por ano.

iv) Indicadores econômicos totais:

- a) Renda bruta da atividade leiteira, medida em mil reais por ano;
- b) Renda bruta do leite, medida em mil reais por ano;
- c) Custo operacional efetivo da atividade leiteira, medido em mil reais por ano;
- d) Custo operacional total da atividade leiteira, medido em mil reais por ano;
- e) Custo total da atividade leiteira, medido em mil reais por ano;
- f) Margem bruta da atividade, medido em mil reais por ano;
- g) Margem líquida da atividade, medido em mil reais por ano;
- h) Lucro total, medido em mil reais por ano;
- i) Taxa de remuneração do capital sem terra, medido em percentual ao ano;

v) Indicadores econômicos unitários:

- a) Preço médio do leite, medido em reais por litro;
- b) Custo operacional efetivo do leite, medido em reais por litro;
- c) Custo operacional total do leite, medido em reais por litro;
- d) Custo total do leite, medido em reais por litro;
- e) Custo operacional efetivo do leite pelo preço do leite, medido em porcentagem;
- f) Custo operacional total do leite pelo preço do leite, medido em porcentagem;
- g) Custo total do leite pelo preço do leite, medido em porcentagem.

Já a aplicação das metodologias de Análise de Redes Sociais e Modelagem Baseada em Agentes é condicionada a identificação do padrão de relacionamento dos indivíduos. Assim, a rede de relacionamento do trabalho foi construída através da aplicação de questionário (Anexo A)⁴ aos trinta e um produtores que participaram do programa PDPL no ano de 2016⁵.

No questionário há duas perguntas que buscam identificar as relações entre os produtores assistidos pelo Programa. A primeira pergunta, utilizada para construir a Rede de Amizade, busca identificar com quais produtores se encontram frequentemente em ocasiões sociais. A segunda, utilizada para construir a Rede Técnica, busca identificar com quais produtores obtém informação técnicas de produção.

⁴ A aplicação dos questionários aos 31 produtores, feita pela equipe técnica e estagiários do Programa, ocorreu no período de março de 2017 a agosto de 2017.

⁵ A obtenção dos indicadores de tamanho, técnicos, zootécnicos e econômicos para a análise faz com que seja necessário que o produtor tenha participado de pelo menos um ano do programa. Assim, optou-se por trabalhar com os produtores que participaram do programa no ano mais recente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados encontrados nessa pesquisa, que foram obtidos a partir das metodologias e fontes de dados explicitadas no capítulo 4. Estes resultados buscam atender aos objetivos específicos, que foram delimitados na Introdução deste trabalho, e sua disposição obedece à ordem dos objetivos.

5.1. Eficiência na produção de leite

Inicialmente, foram calculadas as medidas de eficiência técnica de cada produtor, pressupondo retornos constantes à escala. Em seguida, uma restrição de convexidade foi adicionada ao modelo, sendo possível realizar o cálculo dos escores sob retornos variáveis à escala, também conhecida como pura eficiência técnica. Posteriormente, calculou-se as medidas de eficiência de escala para cada produtor, as quais equivalem à simples razão entre os escores de eficiência técnica sob retornos constantes e retornos variáveis. Na Tabela 10 são apresentados os escores de eficiência e o tipo de retorno de cada produtor.

Observou-se que, sob pressuposição de retornos constantes, apenas o produtor 3 e o produtor 7 foram eficientes, visto que alcançaram o escore máximo. Além disso, o nível de eficiência varia entre 0,55 e 1,00, com média de 0,77, o que representa uma média de ineficiência de 0,29 (1/0,77), ou seja, há possibilidade de aumentar a receita bruta da atividade leiteira em até 29%, em média, mantendo-se o mesmo nível de área utilizada para a pecuária, de total de vacas e do custo operacional total da atividade leiteira.

Ao que se refere ao modelo de retornos varáveis, os produtores tidos como eficientes foram 3, 6, 7, 9, 10 e 22. Neste modelo, a média do escore de eficiência foi de 0,81, indicando a existência de benefícios para os produtores ineficientes buscarem melhores práticas. Contrapondo os eficientes, tem-se que 25 produtores apresentam escore de eficiência menor do que 1,00, sendo 0,56 e 0,96 o menor e o maior valor obtido, respectivamente.

Tabela 10 - Escores de eficiência dos produtores

Produtor ⁶	Eficiência Técnica		Eficiência de Escala	Tipo de Retorno
	Retorno Constante	Retorno Variável		
0	0,87	0,87	0,99	Decrescente
1	0,79	0,81	0,97	Decrescente
2	0,70	0,70	0,99	Crescente
3	1,00	1,00	1,00	Constante
4	0,75	0,81	0,92	Crescente
5	0,70	0,77	0,91	Crescente
6	0,95	1,00	0,95	Crescente
7	1,00	1,00	1,00	Constante
8	0,75	0,76	0,99	Decrescente
9	0,88	1,00	0,88	Crescente
10	0,97	1,00	0,97	Decrescente
11	0,57	0,58	0,98	Crescente
12	0,68	0,69	0,99	Decrescente
13	0,84	0,91	0,92	Decrescente
14	0,73	0,74	0,98	Decrescente
15	0,75	0,79	0,95	Crescente
16	0,80	0,85	0,94	Decrescente
17	0,91	0,91	0,99	Decrescente
18	0,75	0,76	0,98	Crescente
19	0,91	0,94	0,97	Decrescente
20	0,73	0,75	0,97	Decrescente
21	0,62	0,63	0,99	Decrescente
22	0,72	1,00	0,72	Crescente
23	0,63	0,64	0,98	Crescente
24	0,79	0,81	0,97	Crescente
25	0,77	0,80	0,96	Crescente
26	0,75	0,96	0,77	Crescente
27	0,55	0,56	0,98	Decrescente
28	0,60	0,62	0,96	Crescente
29	0,90	0,95	0,94	Crescente
30	0,56	0,57	0,99	Decrescente
Mínimo	0,55	0,56	0,72	-
Máximo	1,00	1,00	1,00	-
Média	0,77	0,81	0,95	-
Desvio Padrão	0,12	0,14	0,06	-
Coeficiente de Variação	0,16	0,17	0,06	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com relação à eficiência de escala os produtores que apresentaram escore menor que 1,00 operam em escala não considerada ótima, ou seja, são produtores tecnicamente ineficientes no que se refere a escala de produção,

⁶ Os trinta e um produtores receberam um código de identificação que varia de 0 a 30. Iniciou-se no 0 para atender a aplicação da metodologia de Análise de Redes Sociais e Modelagem Baseada em Agentes.

operando em faixas de retorno crescente ou decrescente. Assim, como apresentado na Tabela 10, uma eficiência de escala média de 0,95 indica que os problemas de escala incorreta são proporcionalmente menores que os de ineficiência pura, destacando-se que a correção dos problemas de escala incorreta melhora a eficiência e, consequentemente, melhora a produção visto que o modelo é com orientação produto. Observa-se também que apenas dois produtores tiveram escore de eficiência de escala igual a 1,00, o produtor 3 e o produtor 7. Tal situação é a melhor possível, pois esses produtores, além de estarem operando na escala ótima, estão obtendo o máximo do produto dado os recursos disponíveis. Caso queiram aumentar a renda bruta da atividade, este aumento deve respeitar a proporção da utilização dos insumos.

Dessa forma, a escala inadequada é o único ponto que faz com que os produtores 6, 9, 10 e 22 apresentem eficiência de escala menor do que 1,00. Em tal situação há produtores que operam tanto abaixo, retornos crescentes, quanto acima, retornos decrescentes, da escala ótima, sendo o produtor 10 o que opera acima e os demais abaixo. Os produtores com retornos crescentes à escala provavelmente estão operando com capacidade ociosa, implicando que podem aumentar a renda bruta da atividade a custos decrescentes. Já o produtor que opera acima da escala ótima, deve aumentar a produtividade dos fatores de produção ou reduzir a renda bruta da atividade. Destaca-se que embora os problemas de escala incorreta de produção sejam pequenos, alguns produtores podem ser afetados significativamente.

Os produtores 2, 4, 5, 11, 15, 18, 23, 24, 25, 26, 28 e 29 apresentam tanto ineficiência técnica quanto ineficiência de escala. A ineficiência técnica dos produtores se dá pela utilização excessiva de insumos, assim, para corrigir tal ineficiência é necessário eliminar o excesso no uso dos insumos. A ineficiência de escala se dá por operarem abaixo da escala ótima, assim sendo necessário o aumento da renda bruta da atividade para corrigir tal problema. Já os produtores 0, 1, 8, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 27 e 30, apesar de apresentarem os mesmos problemas, a causa da ineficiência de escala se dá por operarem acima da escala ótima, sendo necessário o aumento da produtividade dos fatores de produção. Vale destacar que os doze produtores que além de operarem em retornos crescentes possuem ineficiência técnica são os que teriam um maior ganho com a busca por maior eficiência.

Com o intuito de distribuir produtores segundo o tipo de retorno, estruturou-se a Tabela 11. Assim, de modo geral, tem-se que aproximadamente 48% dos produtores analisados operam com retornos crescentes, isto é, abaixo da escala ótima. Isso significa que existe um potencial para aumentar a renda bruta da atividade dos respectivos produtores, uma vez que tal aumento pode ocorrer a custos médios decrescentes.

Tabela 11 - Distribuição dos grupos de produtores de leite segundo o tipo de retorno

Tipo de retorno	Condição de pura eficiência		Total
	Eficientes	Ineficientes	
Crescente	3	12	15
Constante	2	-	2
Decrescente	1	13	14
Total	6	25	31

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quanto aos produtores que possuem retornos decrescentes (14 produtores), visto que operam acima da escala ótima, o aumento da renda bruta ocorrerá a custos médios crescentes. Assim, para corrigir tal ineficiência, os produtores devem aumentar a produtividade dos fatores de produção visto que há dificuldade de aumentar a renda bruta a custos médios crescentes.

5.1.1. Comparação dos grupos de produtores eficientes e ineficientes

De posse das medidas de pura eficiência, os produtores foram divididos em dois grupos, os grupos dos produtores eficientes e ineficientes. O primeiro composto pelos produtores que obtiveram escore de eficiência igual a 1,00 e o segundo composto pelos que obtiveram escore menor do que 1,00.

Na Tabela 12 foram apresentadas algumas variáveis com o intuito de caracterizar os grupos quanto ao tamanho da propriedade. Observa-se que os grupos não diferem muito, em valores médios, em relação ao total de vacas, ao número de vacas em lactação, ao total de animais e ao estoque de capital⁷, sendo que os produtores eficientes possuem um total de vacas 1,50% menor, possuem um número de vacas em lactação 1,94% maior, um total de animais 1,46% menor e um estoque de capital 2,08% menor que o grupo de produtores ineficientes. Já em relação à área utilizada e ao nível de produção, tem-se que o grupo de produtores eficientes possui uma utilização da área 52,51% menor e produz, em média, 36,80% a mais do que os ineficientes.

⁷ Estoque de capital em benfeitorias, máquinas, animais, terra e forragem.

Destaca-se que os produtores da presente pesquisa possuem propriedades pequenas, característica que é típica das propriedades leiteiras da Zona da Mata mineira. Segundo o Diagnóstico da Pecuária Leiteira do estado de Minas Gerais (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006) as propriedades possuem em média 52,67 hectares, mas vale destacar que o fato das propriedades serem pequenas não significa dizer que as produções são pequenas. Pela Tabela 12, observa-se que os produtores do programa PDPL produzem em média 962,99 litros por dia, média que é superior à da mesorregião, 183,30 litros por dia (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006), indicando que os produtores do Programa possuem grandes produtividades.

Tabela 12 - Indicadores de tamanho dos grupos de produtores

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Área utilizada para a pecuária	ha	35,40	73,01	65,73
Total de vacas	Cab./mês	66,97	67,96	67,77
Vacas em lactação	Cab./mês	54,96	53,91	54,11
Total de animais (média mensal)	Cab./mês	124,01	128,40	127,55
Produção anual de leite	Mil L/Ano	448,87	328,12	351,49
Produção média de leite	L/dia	1229,77	898,96	962,99
Estoque de capital	R\$/Mil	1157,35	1181,92	1177,17
Estoque de capital em benfeitorias	%	33,83	18,47	21,45
Estoque de capital em maquinas	%	12,79	11,50	11,75
Estoque de capital em animais	%	25,44	25,77	25,70
Estoque de capital em terra	%	24,63	35,64	33,51
Estoque de capital em forragem	%	3,31	8,61	7,59

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Valores monetários apresentados em milhares.

Observa-se que apesar da pouca diferença entre os grupos no que se refere ao estoque de capital a sua composição é relativamente distinta, destacando-se os valores para o estoque de capital em benfeitorias, terra e forragem. O grupo dos produtores eficientes possui valor médio superior na primeira, os produtores ineficientes possuem, em média, maior valor investido em terra, o que sinaliza para uma possível subutilização deste fator de produção.

Com relação aos indicadores zootécnicos que relacionam a proporção de vacas em lactação sobre o total de vacas e sobre o rebanho total e vacas em lactação por área para pecuária apresentados na Tabela 13, tem-se que os valores médios para o grupo de produtores ineficientes foram respectivamente de 78,96, 41,04 e 0,94, inferior aos valores médios dos produtores eficientes, que são, respectivamente, 82,16, 44,01 e 1,41. Para o grupo ineficiente, a relação vacas em lactação pelo total de vacas está abaixo do ideal, que é de

80% a 85% (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006). Esta relação é influenciada pela persistência de lactação⁸ nos rebanhos e pela eficiência reprodutiva⁹, que é afetada diretamente pela nutrição, pelo estado sanitário e pelo manejo reprodutivo¹⁰.

Tabela 13 - Relações zootécnicas dos grupos de produtores

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Vacas em lactação / Total de vacas	%	82,16	78,96	79,58
Vacas em lactação / Rebanho	%	44,01	41,04	41,61
Vacas em lactação / Área para pecuária	Cab./ha	1,41	0,94	1,03

Fonte: Resultados da pesquisa.

No que se refere à porcentagem das vacas em lactação em relação ao rebanho, tem-se que os sistemas de produção devem manter tal indicador acima de 40%, visando a não existência de animais improdutivos em excesso. No que tange o número de vacas em lactação por área é recomendado que haja no mínimo uma vaca em lactação por hectare, indicando ineficiência na utilização da terra para produtores que possuem valores inferior a um (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006). Destaca-se que a lucratividade da atividade fica comprometida com um número reduzido de vacas em lactação, visto que elas são a principal fonte de renda.

Em relação aos indicadores produção por vacas em lactação, produção por total de vacas, produção por mão de obra permanente e produção por área para pecuária, apresentados na Tabela 14, tem-se que os produtores eficientes possuem maiores valores médios, sendo superiores em, respectivamente, 19%, 24%, 36% e 78%, indicando, assim, maiores produtividades se comparado com os produtores ineficientes.

Como mencionado anteriormente, as pequenas propriedades com elevados níveis de produção indicavam uma grande produtividade dos produtores analisados. Segundo o Diagnóstico da Pecuária Leiteira do estado de Minas Gerais (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006) os produtores da Zona da Mata mineira possuem uma produção por vaca em lactação e pelo total de vacas,

⁸ É definida como a capacidade da vaca em manter sua produção de leite após atingir sua produção máxima na lactação (COBUCI et al., 2004).

⁹ É considerada a habilidade de um produtor em ter suas novilhas cobertas naturalmente ou inseminadas o mais precocemente possível e suas vacas cobertas naturalmente ou inseminadas logo após o puerpério (JÚNIOR; XAVIER; DE CARVALHO LEÃO, 2014).

¹⁰ Constitui a essência da continuidade e do sucesso da criação (JÚNIOR; XAVIER; DE CARVALHO LEÃO, 2014).

respectivamente, 9,14 e 6,47 L/Vaca/dia. No que se refere aos indicadores de produção por mão de obra permanente e por área para a pecuária, os produtores da mesorregião mineira possuem 241,32 L/d.h e 1248,19 L/ha/Ano. Destaca-se também o resultado discutido na Tabela 12 no que se refere a composição do estoque de capital, que sinalizava para uma possível subutilização do fator terra pelo grupo de produtores ineficientes. Na Tabela 14 fica clara esta relação, pois a produtividade da terra do grupo dos eficientes é quase o dobro da produtividade do grupo dos ineficientes.

Tabela 14 - Indicadores técnicos dos grupos de produtores

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Produção / Vacas em lactação	L/Vaca/dia	19,59	16,49	17,09
Produção / Total de vacas	L/Vaca/dia	16,12	13,04	13,64
Produção / Mão de obra permanente	L/dh	330,93	243,69	260,58
Produção / Área para pecuária	L/ha/ano	10408,58	5831,04	6717,02

Fonte: Resultados da pesquisa.

Através dos indicadores econômicos totais e unitários, apresentados respectivamente nas Tabelas 15 e 16, foi possível realizar uma melhor análise do desempenho dos produtores. Um indicador importante é a razão da renda bruta do leite em relação à renda bruta da atividade. A renda bruta da atividade leiteira além de ser composta pela venda do leite é composta por venda de animais, venda de produtos e outros recursos relacionados à atividade. Os valores médios dos produtores eficientes e ineficientes são, respectivamente, 95,04% e 92,29%. Para os primeiros, a cada R\$ 100,00 de renda da atividade leiteira, R\$ 95,04 são oriundos da venda do leite e R\$ 4,96 da venda de animais e outros recursos relacionados à atividade. Já para os ineficientes, a cada R\$ 100,00, R\$ 92,29 são oriundos da venda do leite e o restante da venda de animais e outros recursos. Este resultado indica que os produtores assistidos pelo PDPL têm no leite sua principal atividade econômica, ou seja, são produtores especializados na produção de leite e destacam que mesmo os produtores ineficientes são melhores que média regional e nacional (SEBRAE-MG/FAEMG, 2006).

Na Tabela 15 os custos da atividade leiteira estão divididos em custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e custo total (CT). O COE é composto por todos os gastos diretos ou variáveis do produtor com a atividade, como gasto com concentrado, mão de obra, volumoso, energia, medicamentos, entre outros. O COT, que se refere ao custo contábil, é a soma

do COE mais as depreciações de benfeitorias, máquinas e o custo da mão de obra familiar. Já o CT é a soma do COT com o custo de oportunidade do capital médio investido na atividade, em animais, terra, benfeitorias e máquinas. Observa-se que o grupo de produtores eficientes possuem custos superiores ao grupo de produtores ineficientes, que pode ser explicado por obterem um nível de produção proporcionalmente maior. Esse resultado é evidenciado ao se analisar os custos por unidade produzida.

Tabela 15 - Indicadores econômicos totais dos grupos de produtores

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Renda bruta da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	672,06	478,56	516,01
Renda bruta do leite	Mil R\$/Ano	638,75	441,68	479,83
Custo operacional efetivo da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	377,35	358,49	362,14
Custo operacional total da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	448,33	404,64	413,09
Custo total da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	497,91	439,94	451,16
Margem bruta da atividade	Mil R\$/Ano	294,71	120,08	153,87
Margem líquida da atividade	Mil R\$/Ano	223,73	73,92	102,92
Lucro total	Mil R\$/Ano	174,14	38,63	64,85
Taxa de remuneração do capital sem terra	% a.a.	21,58	9,25	11,64

Fonte: Resultados da pesquisa.

São apresentados também, para cada grupo, os valores médios da margem bruta da atividade, margem líquida da atividade e lucro total. A margem bruta é calculada subtraindo o custo operacional efetivo da renda bruta. Já a margem líquida é calculada subtraindo o custo operacional da renda bruta. O lucro é o resultado da subtração do custo total da renda bruta.

Observa-se que os valores médios do grupo de produtores eficientes foram substancialmente maiores se comparado ao grupo dos ineficientes, indicando que a busca da eficiência é importante para apresentar bons resultados econômicos. Os valores da margem bruta, margem líquida e lucro total para os dois grupos foram positivos, indicando, respectivamente, sustentabilidade financeira no curto, médio e longo prazo da atividade. No primeiro caso, a renda dos produtores é capaz de cobrir os custos operacionais efetivos. No segundo caso, está cobrindo os custos efetivos, as depreciações e a mão de obra familiar. E por fim, lucro positivo ou lucro supernormal indica que o capital investido na atividade está sendo remunerado acima da taxa de juros de oportunidade, ou seja, a renda está cobrindo os custos variáveis, as

depreciações, a mão de obra familiar e os juros sobre o capital empatado na atividade leiteira.

A análise da taxa de retorno do capital sem terra é importante na atividade leiteira, visto que é resultado de fatores ligados à eficiência zootécnica, reprodutiva, agronômica, de recursos humanos e gerenciais. A taxa de retorno do capital investido representa a eficiência na utilização dos fatores de produção em relação à renda. O valor médio para esse indicador foi superior para o grupo de produtores eficientes, destacando-se que mesmo os ineficientes possuem rentabilidade superior à poupança.

Na Tabela 16 são apresentados os custos por unidade produzida e em relação ao preço do leite. Observa-se que o custo total por litro de leite produzido do grupo de produtores eficientes e ineficientes são, respectivamente, 0,99 e 1,24. Enquanto isso, o preço médio do leite recebido pelos mesmos são, respectivamente, 1,29 e 1,31. Assim, tem-se que tanto para o grupo dos produtores eficientes quanto para os ineficientes a atividade é sustentável economicamente no longo prazo, visto que a renda cobre os custos efetivos, as depreciações, a mão de obra familiar e os juros sobre o capital empatado da atividade. Destaca-se que apesar do preço recebido pelos produtores ineficientes ser, em média, superior ao preço dos produtores eficientes não implica em lucro e taxa de retorno maior, ou seja, mesmo recebendo proporcionalmente mais pelo litro de leite vendido, a ineficiência produtiva impede que consigam obter melhores resultados econômicos.

Tabela 16 - Indicadores econômicos unitários dos grupos de produtores

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Preço médio do leite	R\$/L	1,29	1,31	1,30
Custo operacional efetivo do leite	R\$/L	0,64	0,96	0,90
Custo operacional total do leite	R\$/L	0,87	1,12	1,07
Custo total do leite	R\$/L	0,99	1,24	1,19
COE do leite/preço do leite	%	49,56	73,34	68,74
COT do leite/preço do leite	%	67,96	86,05	82,55
CT do leite/preço do leite	%	78,03	94,98	91,70

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pelas razões do COE, COT e CT em relação ao preço do leite pode-se observar o equilíbrio entre receita do leite e custo da produção do leite. Para os produtores eficientes, os valores médios desses indicadores foram, respectivamente, 49,56%, 67,96% e 78,03%. Já para os produtores ineficientes os valores médios foram, respectivamente, 73,34%, 86,05% e 94,98%. Esses

valores indicam que o primeiro grupo gastou menos para pagar os custos, ou seja, a atividade é mais atrativa no ponto de vista econômico no longo prazo para os produtores eficientes.

Uma análise semelhante pode ser feita segundo o tipo de retorno à escala. Entretanto, como tal análise foge do escopo do trabalho apresentaram-se os resultados em anexo (Anexo B).

Por meio dessa análise, destaca-se que os produtores eficientes diferem dos ineficientes quanto a utilização da terra, ao nível de produção, na composição do estoque de capital, nos indicadores de produtividades da terra, da mão de obra, das vacas em lactação e das vacas como um todo e quanto aos indicadores econômicos que buscam mensurar a renda, o custo e a lucratividade do produtor. Tem-se que os produtores eficientes utilizam, em média, menos área para pecuária leiteira e possuem uma maior produção, evidenciando uma maior produtividade tanto da terra quanto das vacas em lactação e das vacas como um todo.

No que se refere aos indicadores zootécnicos, os grupos não se diferenciam muito e ambos apresentam bons resultados na média. Com relação aos indicadores técnicos, os produtores ineficientes, apesar de apresentarem bons resultados, possuem menores produtividades se comparado com o grupo de produtores eficientes. E no que tange aos indicadores econômicos observa-se que os valores do grupo dos eficientes foram substancialmente superiores ao grupo de produtores ineficientes.

De um modo geral, destaca-se que a eficiência e os desempenhos técnico e econômico, medidos pelas relações zootécnicas, indicadores técnicos e econômicos, estão diretamente relacionados, reforçando a necessidade de se aplicar procedimentos que direcionem os produtores ineficientes para a fronteira eficiente.

5.1.2. Benchmarks dos ineficientes

Além do cálculo das medidas de eficiência dos produtores, a Análise Envoltória de Dados (DEA) possibilita identificar os principais *benchmarks* dentre os 31 produtores, ou seja, identificar os produtores que servem de referência para os demais no que tange as suas características e práticas eficientes.

Neste trabalho, os seis produtores eficientes (produtor 3, 6, 7, 9, 10 e 22) foram considerados *benchmarks* para pelo menos um produtor ineficiente. Na Tabela 17 foram apresentadas as características relativas à eficiência técnica, sob pressuposição de retornos varáveis a escala, e de escala dos *benchmarks*.

Tabela 17 - Os *benchmarks* e suas características relativas à eficiência técnica e de escala

Produtor	Nº de produtores que o consideram como <i>benchmark</i>	Pura eficiência técnica	Eficiência de escala	Tipo de retorno
3	21	1,00	1,00	Constante
7	17	1,00	1,00	Constante
10	13	1,00	0,97	Decrescente
6	12	1,00	0,95	Crescente
9	4	1,00	0,88	Crescente
22	3	1,00	0,72	Crescente

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se que o produtor 3 é referência para 84% dos produtores ineficientes, enquanto os produtores 7, 10, 6, 9 e 22 servem como referência para, respectivamente, 68%, 52%, 48%, 13% e 10%. Destaca-se, com relação às características relativas à eficiência técnica e de escala, que para que um produtor seja considerado referência, ele deve apresentar pura eficiência técnica igual a um, ou seja, ele deverá estar na fronteira de produção. Entretanto, quanto à eficiência de escala, os produtores não precisam apresentar valores máximos, como os produtores 10, 6, 9 e 22 que são considerados referência para os demais e apresentam problemas de escala incorreta. Chama-se a atenção que o fato de serem eficientes implica dizer que produzem o máximo que podem, dada a dotação de recursos que possuem, ou seja, não há desperdícios de recursos. Já o fato de apresentarem problemas de escala incorreta significa que não estão operando na escala ótima, mas são tecnicamente eficientes.

Com o intuito de demonstrar a diversidade dos produtores referências, caracterizou-se, em relação alguns dos seus indicadores de tamanho, técnicos e econômicos, Tabela 18, os dois produtores que mais são considerados como *benchmarks*.

Observa-se que os produtores selecionados possuem sistemas de produção diferentes, evidenciado pela produção média de leite e pelos indicadores técnicos. No que se refere à produção média, os produtores possuem níveis de produção diferente, com o produtor 3 produzindo por dia, aproximadamente 17 vezes do que a do produtor 7. Em relação aos indicadores

técnicos, observa-se uma maior produtividade dos fatores vaca em lactação, total de vacas, mão de obra e terra do produtor 3.

Tabela 18 - Indicadores de tamanho, técnicos e econômicos dos produtores selecionados

Especificação	Unidade	Produtor 3	Produtor 7
Indicadores de tamanho			
Produção média de leite	L/dia	4886,61	285,92
Indicadores técnicos			
Produção / Vacas em lactação	L/Vaca/dia	24,72	17,78
Produção / Total de vacas	L/Vaca/dia	20,23	13,46
Produção / Mão-de-obra permanente	L/dh	762,23	261,39
Produção / Área para pecuária	L/ha/ano	21154,59	7075,43
Indicadores econômicos			
Renda bruta da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	2753,89	155,88
Custo operacional total da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	1833,99	93,95
Margem bruta da atividade	Mil R\$/Ano	1108,58	86,93
Margem líquida da atividade	Mil R\$/Ano	919,89	61,17
Taxa de remuneração do capital sem terra	% a.a.	26,79	36,28

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação aos indicadores econômicos, observa-se que os dois produtores apresentam resultados satisfatórios, observados basicamente pela margem líquida e pelas altas taxa de remuneração do capital, chamando-se, assim, a atenção para a importância do uso de técnicas eficientes para a geração de ganhos econômicos consideráveis.

Assim, os produtores 3, 7, 10, 6, 9 e 22 são os principais produtores referências de boas práticas, ou *benchmarks*, ou seja, os ditos ineficientes devem observá-los com o intuito de tornarem-se eficientes. Constatou-se que esses produtores não apresentam características específicas, possuindo propriedades de tamanhos diferentes e características distintas, resultado importante dada a heterogeneidade dos 31 produtores analisados.

5.1.3. Projeção dos produtores na fronteira eficiente

A utilização da DEA possibilita também fazer uma estimativa do ganho de renda bruta da atividade leiteira os produtores ineficientes alcançariam, caso eles se tornassem eficientes. Isso se dá pela projeção dos produtores ineficientes na fronteira de produção, que tem como base os produtores *benchmarks* identificados na seção anterior. Assim, na Tabela 19 são apresentados os possíveis ganhos de renda bruta após a correção das ineficiências.

Tabela 19 - Possíveis ganhos de renda bruta da atividade leiteira após a correção das ineficiências

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes	Média Geral
Renda bruta da atividade leiteira observada	Mil R\$/Ano	672,06	478,56	516,01
Renda bruta da atividade leiteira projetada	Mil R\$/Ano	672,06	596,11	610,81
Ganho em Renda bruta da atividade leiteira	Mil R\$/Ano	0,00	117,55	91,65
Ganho total corrigindo 25% da ineficiência	Mil R\$/Ano	0,00	29,39	23,71
Ganho total corrigindo 50% da ineficiência	Mil R\$/Ano	0,00	58,79	47,41
Ganho total corrigindo 75% da ineficiência	Mil R\$/Ano	0,00	88,19	71,12
Ganho devido correção de escala	Mil R\$/Ano	12,55	17,33	16,41
Ganho total corrigindo 100% da ineficiência e a escala	Mil R\$/Ano	12,55	137,91	113,64

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se, na Tabela 19, que a possibilidade de ganhos por meio da correção da ineficiência técnica só ocorre no grupo de produtores ineficientes, visto que os produtores eficientes já se encontram na fronteira de produção. Assim, o grupo de produtores ineficientes poderiam aumentar a renda bruta, em média, em 32,93%, caso corrigissem 100% da ineficiência técnica.

Entretanto, os produtores podem não ter os recursos necessários para correção de toda a ineficiência técnica. Assim, estimou-se os ganhos caso os produtores corrigissem 25%, 50% e 75% dessa ineficiência. Os ganhos, em valores aproximados, foram respectivamente em média R\$ 29390,00, R\$ 58790,00 e R\$ 88190,00.

Como evidenciado na seção anterior, até mesmos os produtores tecnicamente eficientes podem apresentar ineficiência quanto à escala de produção. Assim, a média dos ganhos na renda bruta da atividade para os grupos de produtores eficientes e ineficientes foram respectivamente 9,62% e 3,99%, caso corrigissem o problema de escala.

Por fim, os ganhos possíveis com a correção de 100% da ineficiência técnica e de escala são significativos, apresentando uma média de 32,93% no caso da ineficiência técnica e 37,69% caso a correção seja tanto técnica quanto de escala.

5.2. Análise da rede de interação dos produtores do PDPL

5.2.1. Construção da rede de interação e suas medidas estruturais

A construção da rede de interação dos produtores do Programa iniciou-se com a elaboração de uma matriz adjunta (matriz binária) com base nas respostas do questionário aplicado. Inicialmente foram aplicadas duas perguntas visando captar as relações entre os produtores, uma de caráter social e outra de caráter técnico. A primeira captada pela pergunta “Com quais produtores do PDPL o senhor (a) se encontra frequentemente em ocasiões sociais?” e a segunda pela pergunta “Com quais produtores do PDPL o senhor (a) obtém informações sobre novas técnicas de produção?”. Entretanto, dada às características dos produtores e da própria atividade, identificou-se que as respostas para as perguntas eram semelhantes, uma vez que os produtores obtinham informações sobre técnicas, novas ou não, dos produtores que tinham mais afinidade. Assim, a construção da rede seguiu a seguinte regra:

$$Matriz\ adjunta_{ixj} \begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{i1} & \cdots & C_{ij} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Se o produtor } i \text{ indicou o produtor } j \text{ nas respostas da perguntas, } C_{ij} = 1 \\ \text{Caso contrário, } C_{ij} = 0 \end{array} \right. \quad (12)$$

onde o termo C_{ij} deve ser interpretado como a relação existente entre o produtor i e o produtor j , respeitando a indicação dos mesmos, ou seja, não necessariamente a matriz será simétrica.

A rede de interação dos produtores pode ser vista na Figura 9, em que os produtores são representados pelas esferas e as setas indicam a relação entre eles.

Em relação às medidas estruturais da rede como um todo, tem-se que a média de conexões por produtor é 2,93, ou seja, os produtores estão conectados, em média, com quase três produtores. Analisando a densidade (0,098 - 9,8% das ligações potenciais que esta rede poderia ter estão realmente presentes) conclui-se que a rede apresenta baixa coesão, isso devido a presença de 31 produtores e apenas 91 ligações entre os mesmos.

O grau de centralização, assim como a densidade, é medido como uma proporção. A centralização mede a proporção média de ligações que um ator

tem em relação ao total de ligações, ou seja, representa uma medida de dispersão da centralidade dos indivíduos, onde quanto mais próximo de um mais as ligações estão centradas em apenas um produtor. Dado que essa medida é baseada no grau de centralidade dos produtores e as relações entre os produtores são direcionadas calculou-se o grau de centralização *outdegree* e *indegree* que foram respectivamente 20,89% e 34,67%, indicando diferenças entre indivíduos quanto aos graus de centralidade *indegree* e *outdegree* e que as ligações não estão centradas em apenas um produtor. Segundo Prell (2012), uma rede que apresenta alto nível de centralização, valor próximo de um, indica que a densidade da rede é altamente dependente de um número pequeno ou de um único produtor. E segundo Valente (1995), quanto maior a centralização, maior será a velocidade de difusão se um indivíduo central receber a informação.

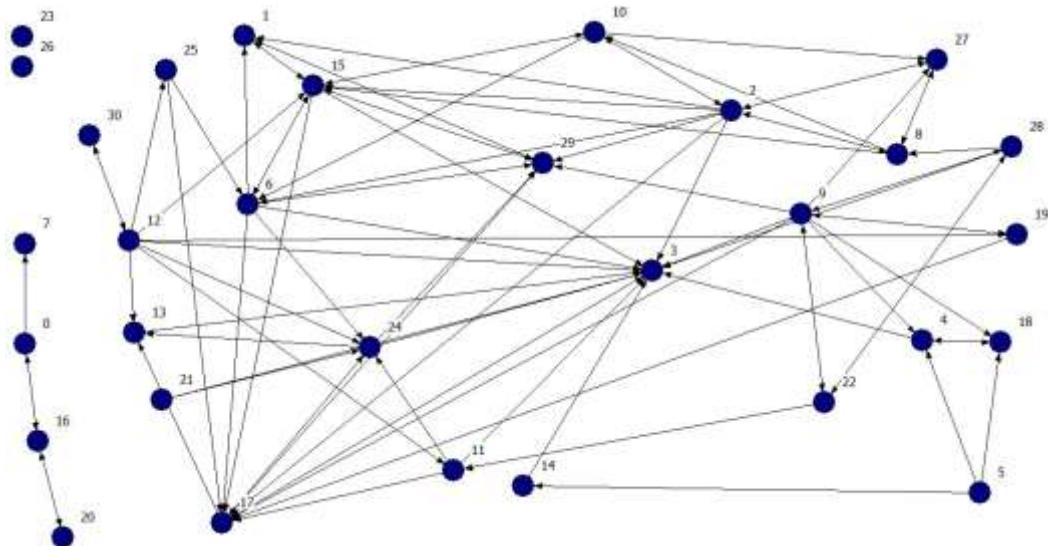


Figura 9 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL
Fonte: Resultados da pesquisa.

O grau de assortatividade calculado através do coeficiente de correlação de Pearson (-0,78) e também da medida *fitness* da estrutura núcleo/periferia (0,38) (Anexo C) indicou a rede como disassortativa. Em sistemas disassortativos os líderes de opinião, ou seja, os produtores mais influentes, possuem grande importância. Pois, sob essas propriedades, a presença de uma massa crítica de produtores influenciáveis possui menos importância para a difusão do que os produtores com maiores influências (WATTS; DODDS, 2007).

5.2.2. Medidas individuais da rede de interação

A partir da construção da rede de interação realizou-se a análise das medidas de centralidade dos produtores. A Figura 10 apresenta análise do grau de centralidade *indegree* dos produtores, ou seja, a observação do número de indicações recebidas pelos mesmos. Assim como na figura anterior, as esferas representam os produtores participantes do Programa e o tamanho representa seus respectivos graus de centralização *indegree*, ou seja, o número de agentes que o indicou nas respostas do questionário. Essa medida de centralidade indica, assim, a importância desse produtor para a disseminação de tecnologia e informação na rede. Pela figura é possível identificar produtores que se relacionam com um número maior de outros produtores e, assim, deveriam ser vistos com mais atenção no que tange a difusão. Por exemplo, o produtor 3 é indicado por treze produtores, indicando sua influência sobre aproximadamente 42% dos produtores da rede. Como apresentado na seção 5.1.2 o produtor 3 por ser um produtor tecnicamente eficiente é considerado *benchmark* para os demais produtores, assim, destaca-se que produtores como esse situam-se em posições chave para o fluxo de informação na rede sendo considerados líderes de opinião.

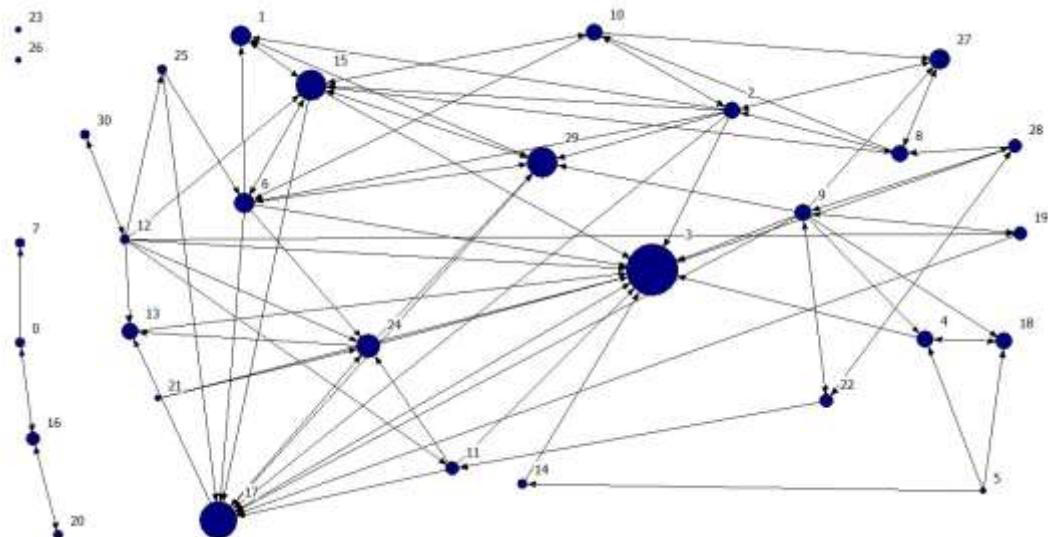


Figura 10 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade *indegree*
Fonte: Resultados da pesquisa.

De maneira análoga, a Figura 11 apresenta a análise do grau de centralidade *outdegree* que é o número de agentes que os produtores indicaram nas respostas do questionário. Diferente da medida anterior, um produtor com

alta centralidade *outdegree* é considerado um bom disseminador, pois ele busca informações e/ou se relaciona com um número maior de produtores. Por exemplo, os produtores 2 e 9 se relacionam com outros nove produtores, entretanto apenas o produtor 9 é tido como referência para os demais.

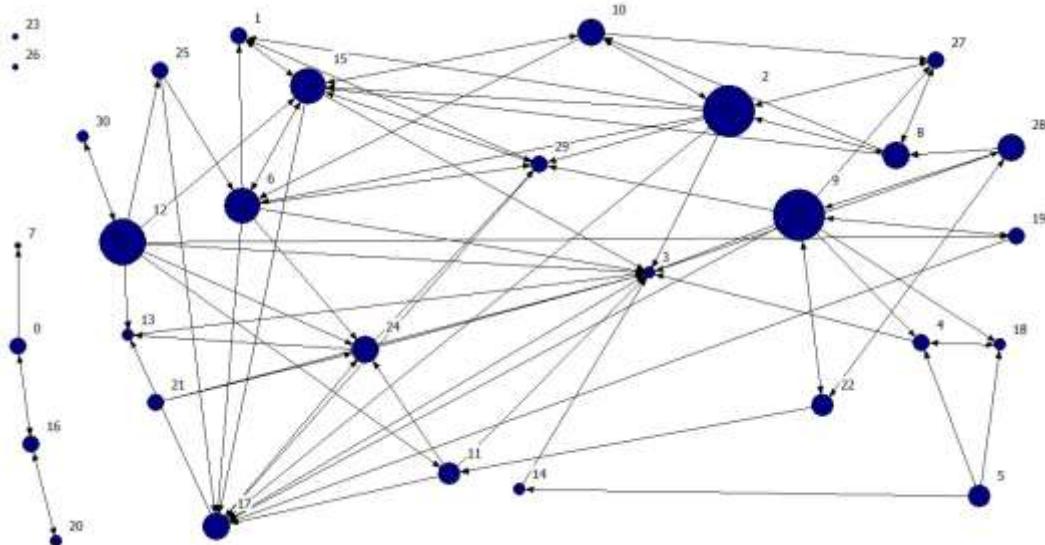


Figura 11 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade *outdegree*

Fonte: Resultados da pesquisa.

Apesar da facilidade de serem calculadas e entendidas, as medidas de centralidade *indegree* e *outdegree* não são consideradas as medidas mais poderosas, visto que elas não levam em consideração o restante da rede de interação (PRELL, 2012).

A medida de centralidade *betweenness*, diferente das anteriores, leva em consideração o restante da rede uma vez que mede com que frequência um produtor está entre outros dois produtores, ou seja, mede a capacidade de se articular informações entre os produtores e identifica produtores importantes para preencher lacunas estruturais na rede de interação em termos de difusão. A Figura 12 apresenta a análise dessa medida, apontando os produtores com potencial controle sobre o fluxo de informação. Por exemplo, o produtor 15 é tido como o produtor mais central, exercendo então grande influência na rede, podendo optar por reter ou distorcer as informações que recebe. Destaca-se que apesar deste produtor não ser *benchmark* para os demais ele exerce um papel de conector na rede de interação, o que pode ser justificado por ele ser sócio de laticínio e estar em constante contato com os demais produtores.

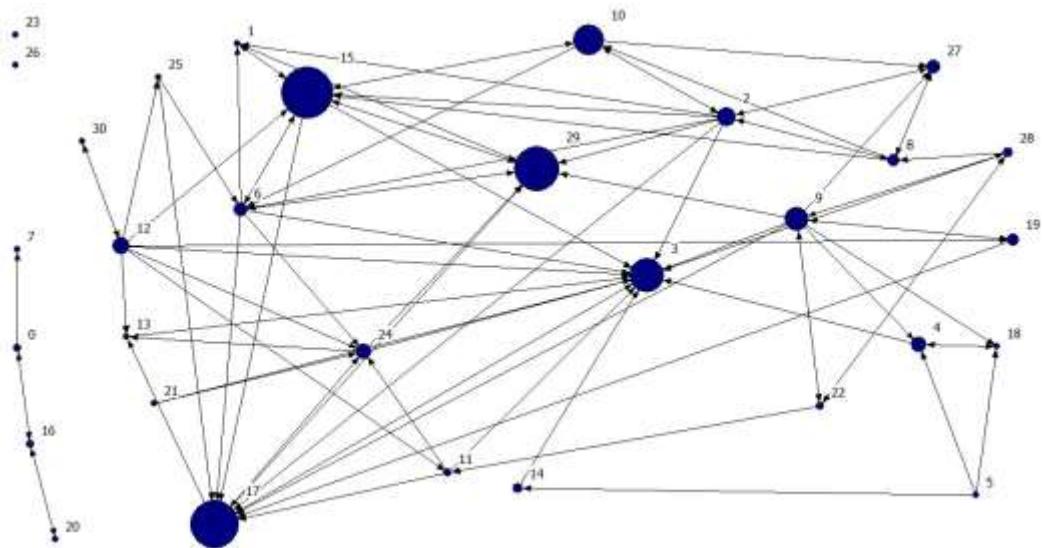


Figura 12 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a centralidade *betweenness*
Fonte: Resultados da pesquisa.

A beta-centralidade é um indicador que busca avaliar o *status social*, sintetizando as relações diretas e indiretas dos produtores. Observa-se na Figura 13 que o produtor 2 é o produtor central visto que está conectado com um grande número de produtores que são altamente conectados, seguido pelos produtores 8 e 10.

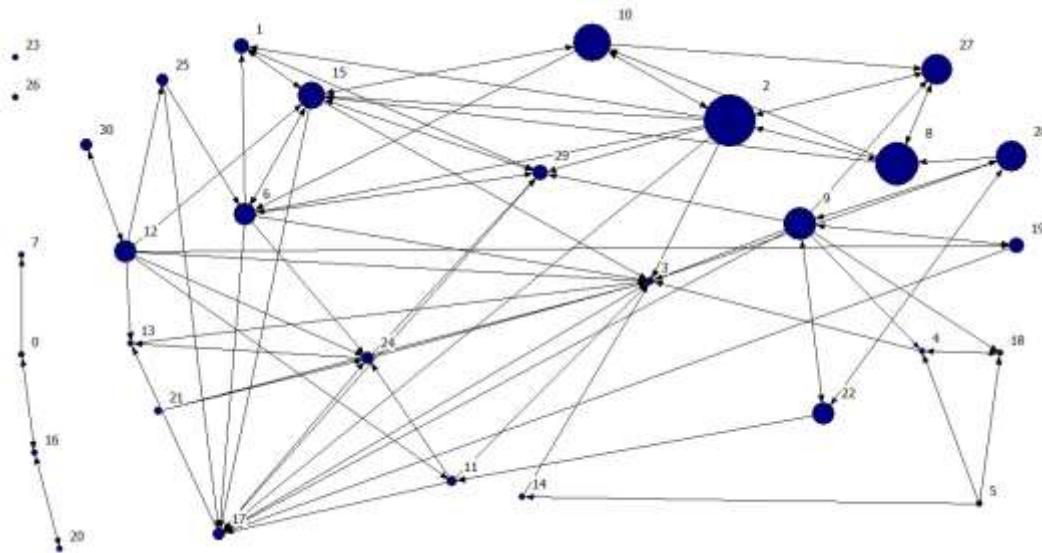


Figura 13 - Rede de interação dos produtores que participam do PDPL: quanto maior a esfera maior é a beta-centralidade
Fonte: Resultados da pesquisa.

A análise apresentada nesta seção permitiu a identificação dos produtores mais influentes na rede de interação do Programa. Esses resultados possibilitam realizar uma classificação (Anexo D) para cada uma das medidas de

centralidade, que indicam a ordem de importância dos produtores do PDPL para a respectiva medida. Destaca-se o resultado encontrado para a medida de centralidade *indegree*, que o produtor tido como central é um produtor tecnicamente eficiente, assim, chama-se a atenção ao fato de que não necessariamente o produtor central é o mais eficiente, sendo necessária uma análise que busca verificar a relação entre pura eficiência técnica e centralidade dos produtores.

Nesse sentido buscou-se verificar se há relação entre a pura eficiência técnica e as medias de centralidade, sendo possível responder o seguinte questionamento: os produtores eficientes são os mais centrais?

A Figura 14 (a) apresenta a relação entre a pura eficiência e a medida de centralidade *indegree*, que representa os líderes de opinião. Observa-se pela figura que há uma relação positiva entre o indicador de eficiência e a medida de centralidade, indicando que um maior nível de eficiência implica em uma maior centralidade dos produtores. Este resultado indica que os produtores eficientes são procurados com maior frequência para troca de informações ou busca de tecnologias. Já pela Figura 14 (b) onde é apresentada a relação entre a pura eficiência e a medida de centralidade *outdegree*, observa-se que não há uma relação entre o indicador de eficiência e a medida de centralidade representada.

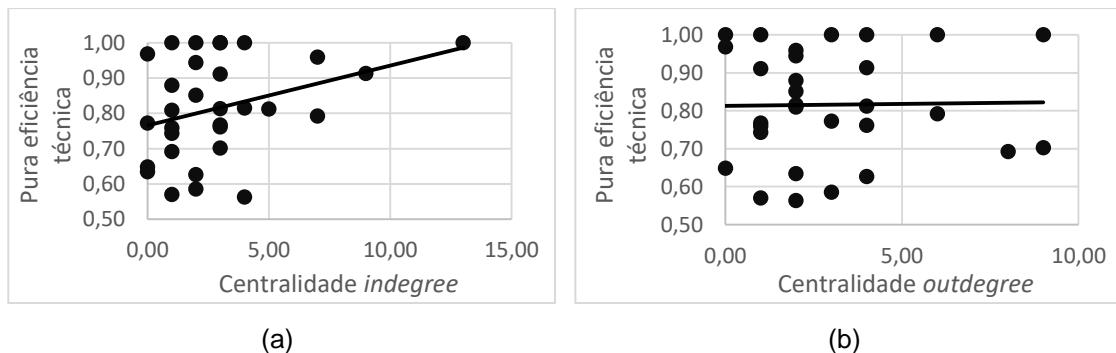


Figura 14 - Relação entre a pura eficiência e as medidas de centralidade *indegree* e *outdegree*

Fonte: Resultados da pesquisa.

De maneira análoga, na Figura 15 são apresentadas as relações entre a pura eficiência técnica e as medidas de centralidade *betweenness* e beta-centralidade. Com relação a medida de centralidade *betweenness*, Figura 15 (a), observa-se que também há uma relação positiva com a eficiência técnica, indicando que indivíduos com maior poder de controle de informação são mais eficientes. Já no que tange a beta-centralidade, Figura 15 (b), não se identificou

uma relação com a pura eficiência técnica. Assim, tem-se que os produtores eficientes possuem potencial controle sobre o fluxo de informação.

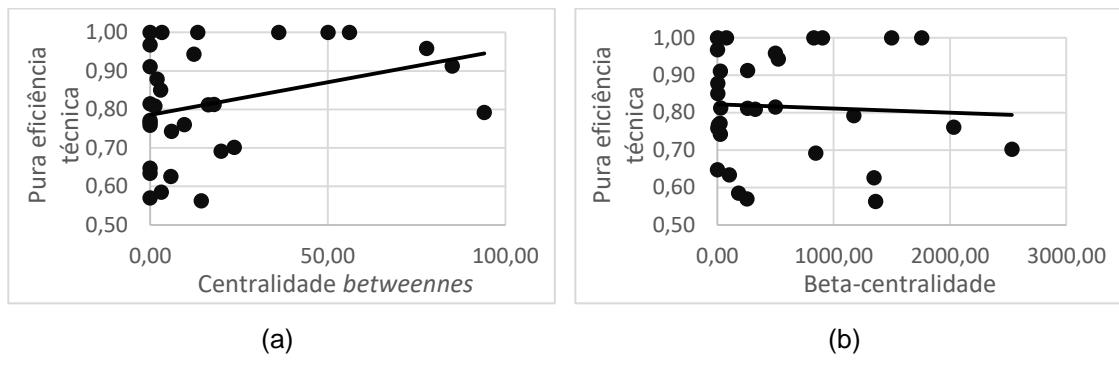


Figura 15 - Relação entre a pura eficiência e as medidas de centralidade *betweenness* e beta-centralidade

Fonte: Resultados da pesquisa.

De um modo geral identificou-se que a existência de uma relação com a pura eficiência técnica depende da medida de centralidade utilizada na análise. Nesse estudo, observa-se uma relação positiva entre a pura eficiência e as medidas de centralidade *indegree* e *betweenness*. Assim, chama-se a atenção para os produtores que apresentam tais características, eficiência e centralidade *indegree* e *betweenness*, para o processo de difusão.

Na seção 5.3 as medidas de centralidade e de eficiência foram utilizadas nos ambientes de simulação, no qual as características de cada indivíduo determinam o ritmo e a velocidade do processo de difusão.

5.3. O processo de difusão

Por meio da modelagem baseada em agentes foram realizados diversos cenários de simulação permitindo, além de testar a influência da configuração da rede sobre o processo de difusão e entender como se dá esse processo, identificar possíveis lacunas estruturais e simular possíveis intervenções com o intuito de tornar o processo de difusão mais eficiente.

Nos cenários, as inovações, as tecnologias ou as informações, por exemplo, foram introduzidas a partir dos grupos de produtores tecnicamente eficientes identificados na seção 5.1 e a partir dos grupos produtores mais centrais (utilizando as medidas de centralidade *indegree* e *betweenness* discutidas na seção 5.2.2).

Buscou-se também em cada cenário estudar a influência do *pay-off*, definido na seção 4.3, sobre a difusão. Assim, em um primeiro momento utilizou-se o *pay-off* de adoção (a) igual a 3 e o de não adoção (b) igual a 1 (situação 1),

ou seja, o *pay-off* para os que adotam é 3 vezes mais em relação aos que não adotam. Posteriormente utilizou-se o *pay-off* de adoção igual a 5 e o de não adoção igual a 1 (situação 2), aumentando assim o incentivo em adotar a tecnologia/informação.

No primeiro cenário, utilizou-se o grupo de produtores eficientes separados em três grupos para realizar as análises. Na primeira situação, Figura 16 (a), em que “a” assume valor 3 e b assume valor 1, o grupo 1, formado pelos produtores 3 e 7, dissemina a informação para um pouco mais de 10% dos produtores. O grupo 2, formado pelos produtores 3, 7, 10 e 6 dissemina para apenas 20% dos produtores. Já o grupo 3, formado pelos produtores 3, 7, 10, 6, 9 e 22, dissemina a informação para mais de 90% da rede, ficando apenas dois produtores sem adotar a informação.

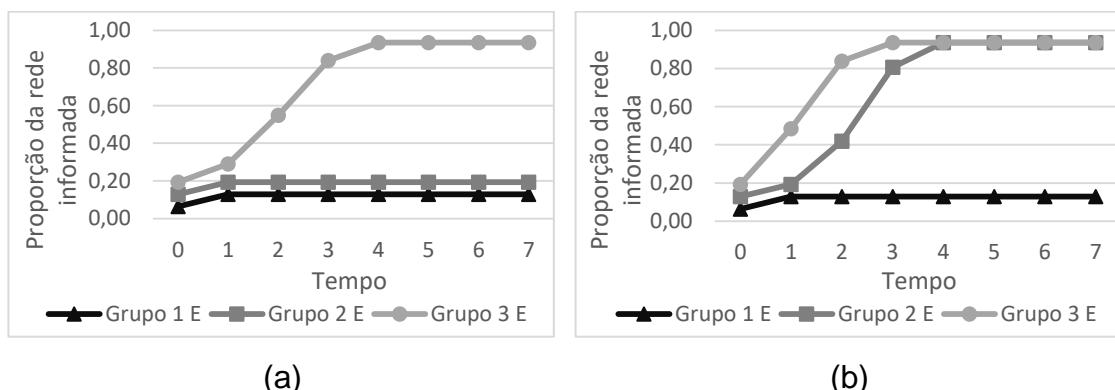


Figura 16 - Simulação da difusão iniciando nos produtores eficientes tecnicamente

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na segunda situação, Figura 16 (b), em que “a” assume valor 5 e b assume valor 1, além do grupo 3 o grupo 2 dissemina a informação para mais de 90% dos produtores. O grupo 1, mesmo após o aumento do *pay-off* de adoção dissemina a informação para um pouco mais de 10% dos produtores. Neste cenário destaca-se também o grupo 3, que, além de disseminar a informação para mais de 90% dos produtores, faz com que o processo de difusão ocorra mais rapidamente. Pela impossibilidade de a difusão ser completa, dada a configuração da rede, no período t=4 o processo de difusão atinge o seu limite.

Nesse cenário chama-se a atenção para o resultado do processo de difusão do grupo 2, em que na primeira situação o processo alcançava cerca de 20% dos produtores e na segunda situação alcança mais de 90%. Isso é devido ao valor do *threshold* inicial que é inferior na segunda situação, dado o maior

valor do *pay-off* de adoção “a”. Assim, um maior valor de “a”, além de possibilitar o processo de difusão quando o grupo 2 é informado inicialmente, faz com que a velocidade seja maior.

No segundo cenário, utilizou-se a medida de centralidade *indegree*, onde também se estruturou três grupos. O primeiro grupo formado pelos dois produtores mais centrais (produtor 3 e 17), o segundo pelos quatro mais centrais (produtor 3,17, 15 e 29) e o terceiro pelos seis produtores mais centrais (produtor 3, 17, 15, 29, 24 e 27).

Na primeira situação, Figura 17 (a), observa-se que quanto maior o número de produtores inicialmente informados maior é a velocidade da difusão. Quando a difusão se inicia pelo grupo 1, apenas aproximadamente 20% dos produtores são informados. Já, ao se iniciar pelos grupos 2 e 3, 80% dos produtores são informados, com o grupo 3 apresentando uma maior velocidade do processo de difusão.

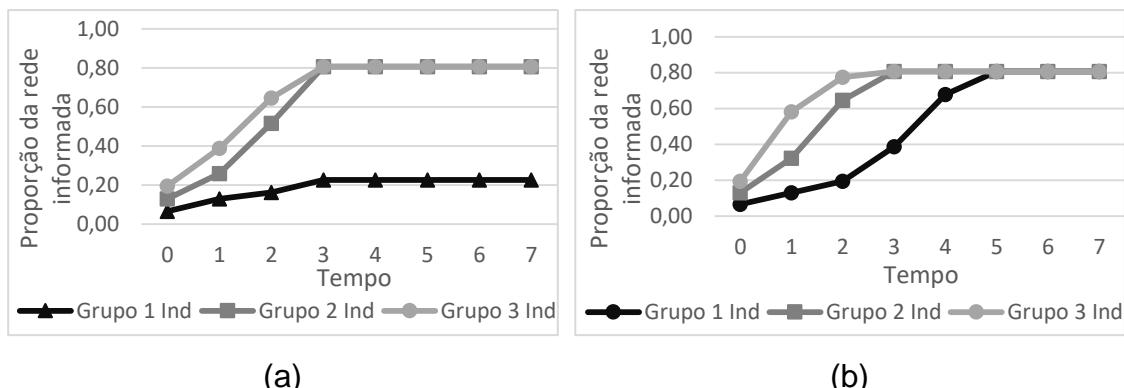


Figura 17 - Simulação da difusão iniciando nos produtores com maior centralidade *indegree*.
 Fonte: Resultados da pesquisa.

Na segunda situação, apresentada na Figura 17 (b), observa-se que todos os grupos fazem com que 80% da rede seja informada, entretanto com velocidades diferentes. Nessa situação, se considerado todos os grupos, o processo de difusão atinge o seu limite no período de tempo $t=5$. Chama-se a atenção para o grupo 1, em que na primeira situação o processo de difusão alcançava 20% dos produtores e na segunda situação alcança 80%. Assim como no cenário anterior, isso é devido ao valor do *threshold* inicial que é inferior na segunda situação, implicando que um maior valor de “a”, além de possibilitar o processo de difusão quando o grupo 1 é informado inicialmente, faz com que a velocidade seja maior.

No terceiro cenário, apresentado na Figura 18, seguiu-se o mesmo procedimento do cenário anterior, entretanto utilizou-se a medida de centralidade *betweenness* para realizar o processo de simulação e criação dos grupos, onde o grupo 1 foi composto pelos produtores 15 e 17, o grupo 2 composto pelos produtores 15, 17, 29 e 3 e o terceiro grupo composto pelos produtores 15, 17, 29, 3, 10 e 9. Nas duas situações, levando em consideração os três grupos, o processo de difusão alcança 80% dos produtores, entretanto com velocidades diferentes. Destaca-se dois resultados, o primeiro relacionado ao grupo com maior número de produtores, o grupo 3, pois apresenta maior velocidade no processo de difusão. Já o segundo resultado faz referência a velocidade da difusão relacionada com o aumento do *pay-off* de adoção, evidenciado pela inclinação das curvas dos gráficos da figura.

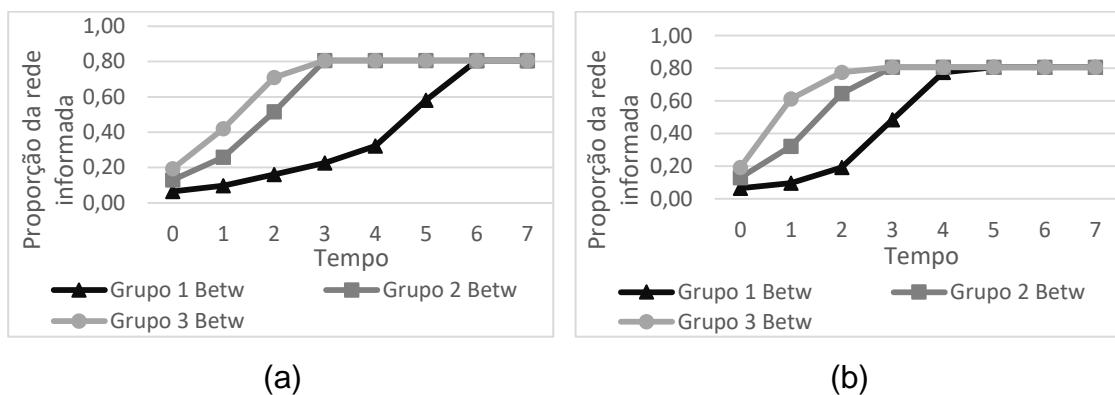


Figura 18 - Simulação da difusão iniciando nos produtores com maior centralidade *betweenness*.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim, selecionou-se o grupo 3 de cada cenário para realizar uma comparação, apresentada na Figura 19, em ambas as situações. Nas duas situações, observa-se que apesar de não possuir uma maior velocidade no processo de difusão, o grupo de produtores eficientes, quando informados inicialmente, alcança uma maior proporção dos produtores. Outro resultado importante é a comparação para o grupo de produtores de maior grau de centralidade *indegree* e *betweenness*. Observa-se que, apesar de ambos os grupos disseminarem a informação para 80% dos produtores, o grupo dos produtores de maior centralidade *betweenness*, quando informados inicialmente, resulta em uma maior velocidade de difusão. Esse resultado sugere que os produtores com maior grau de centralidade *indegree* são importantes para

disseminar a informação, entretanto não são os únicos responsáveis para que o processo ocorra com maior velocidade.

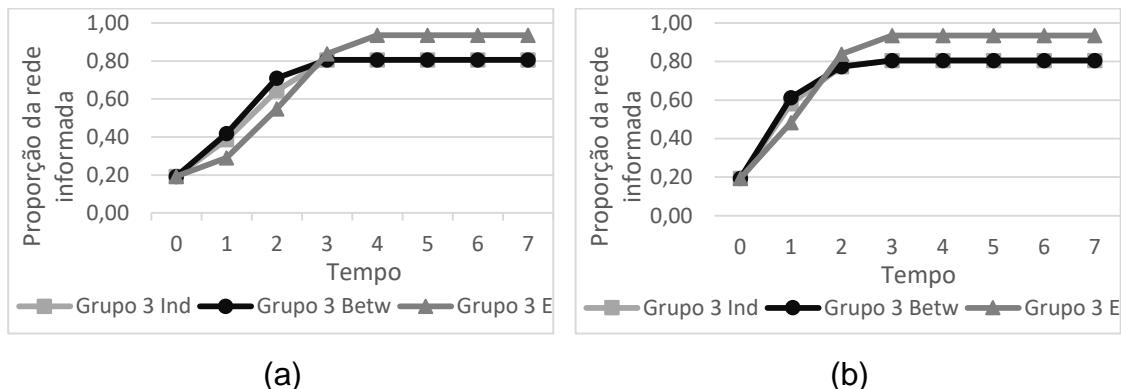


Figura 19 - Comparação das simulações da difusão iniciando nos produtores centrais e eficientes tecnicamente

Fonte: Resultados da pesquisa.

A seleção de produtores eficientes, então, seria a política mais adequada para o processo de difusão, pois, mesmo não obtendo uma maior velocidade nos períodos de tempo iniciais, mais de 90% dos produtores seriam informados. Nessa situação, apenas os produtores 23 e 26 não seriam informados visto que eles não possuem relações com os demais produtores do programa, identificando-se assim, uma lacuna para que o processo alcance 100% dos produtores.

Uma possível política para correção dessa lacuna seria dar incentivos aos produtores 23 e 26 a buscarem informações, ou seja, a se relacionarem com o seu principal *benchmark* identificado pela análise de eficiência na seção 5.1. Na Figura 20 são apresentadas a rede de interação após essa a política e a simulação do processo de difusão se iniciando pelos grupos de produtores eficientes com o *pay-off* de ação e não adoção assumindo os valores 3 e 1, respectivamente.

Ao se comparar a Figura 20 (a) com a Figura 9 observa-se que após a política não há produtores isolados na rede, ou seja, todos se relacionam com pelo menos um produtor. Assim, pela Figura 20 (b) observa-se que o processo alcança 100% dos produtores quando a difusão inicia pelos grupos 2 e 3, grupo composto por 4 e 6 produtores eficientes, respectivamente. Se esse processo for comparado com o da primeira situação do cenário 1 ($a=3$ e $b=1$), Figura 16 (a), observa-se que o grupo 3, no período de tempo igual a dois ($t=2$), informava menos de 60% dos produtores quando o processo de difusão se iniciava por

elas, mas com a política um pouco mais de 60% dos produtores foram informados. Desse modo, destaca-se a importância da configuração da rede para o processo de difusão, podendo aumentar ou diminuir a velocidade da difusão ou até mesmo impossibilitar tal processo.

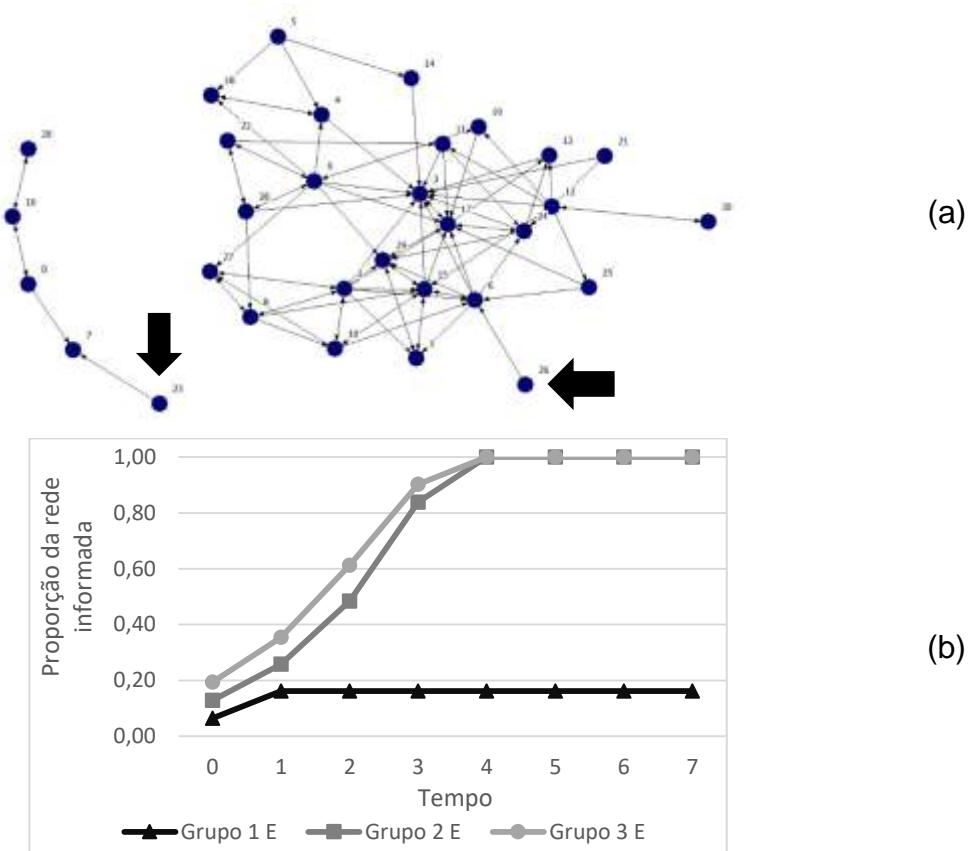


Figura 20 – Política de intervenção na rede de interação dos produtores que participam do PDPL e a simulação da difusão iniciando nos produtores eficientes
Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir dessas análises conclui-se que o processo de difusão depende da estrutura da rede, da escolha dos adotantes iniciais e do valor do *threshold* q (que depende dos valores dos *pay-off's* a e b) que os produtores utilizam para decidir se adotam ou não as inovações, as tecnologias ou as informações.

5.4. Relação entre as medidas de eficiência e as redes pessoais

Estruturou-se esta seção com o intuito de verificar se a configuração da rede pessoal e algumas características específicas dos produtores justifica a eficiência dos mesmos. Assim, buscou-se, além de uma análise estrutural, realizar uma análise contextual em que se analisa os vínculos das redes.

A rede pessoal (rede ego-centrada) dos produtores foi captada pelas perguntas “Quem são as pessoas/instituições que de alguma forma influencia o

seu conhecimento ou técnica na pecuária leiteira?" e "Qual o padrão de relacionamento entre as pessoas citadas anteriormente?". Nessas redes, todos os agentes citados, que não necessariamente participam do programa PDPL, possuem relação com o produtor que os citou. Por exemplo, o produtor 3 citou 5 pessoas/instituições que influenciam seu conhecimento ou técnica aplicada na pecuária leiteira, entretanto a sua rede pessoal representa como esses agentes se relacionam entre si. Esse exemplo pode ser visto na Tabela 20, onde são apresentadas as redes pessoais dos seis produtores tecnicamente eficientes identificados na seção 5.1 e suas respectivas descrições.

Com relação aos vínculos de cada produtor, tem-se que todos os produtores possuem relação com a equipe do PDPL, equipe formada pelo corpo técnico e os estagiários. Entretanto os produtores possuem suas relações específicas, por exemplo, o produtor 3 se relaciona com seus três filhos que, além de ajudarem na atividade, possuem conhecimentos específicos da atividade visto que são graduados em áreas como medicina veterinária e zootecnia. O produtor também se relaciona com uma instituição privada que visa o desenvolvimento tecnológico da propriedade. Assim, o produtor possui uma rede mais dinâmica no que se refere a troca de informações e a possibilidade de acesso a conhecimentos técnicos, visto que possui vínculos fortes com agentes da sua rede pessoal.

O produtor 6, apesar de possuir 10 agentes em sua rede pessoal, possui vínculos de característica profissional visto que trabalha para uma empresa de materiais agrícolas e muitos desses agentes são seus clientes. O produtor 7, além da equipe do PDPL, se relaciona com mais um produtor de leite. As redes desses produtores são menos dinâmicas do que a do produtor 3, visto que os vínculos criados são de caráter profissional.

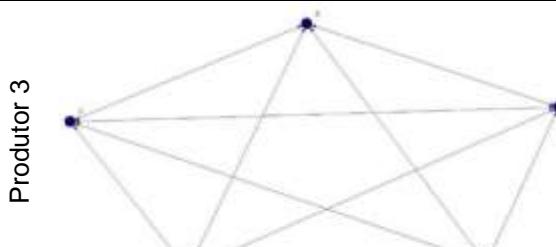
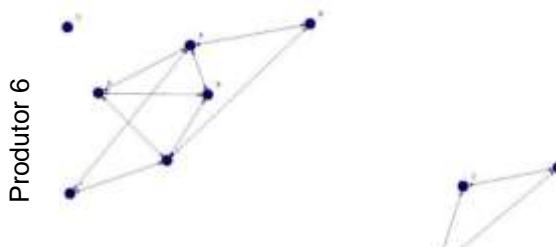
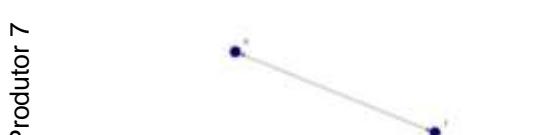
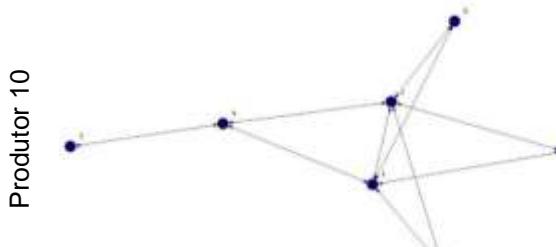
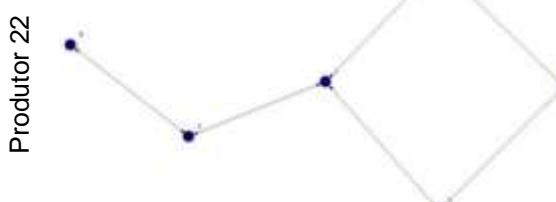
O produtor 9 possui vínculos com 8 agentes, sendo eles produtores e profissionais que trabalham prestando serviços para a pecuária leiteira. De um modo geral, sua rede pessoal se caracteriza por constituir vínculos profissionais e técnicos, o que faz com que sua rede ganhe uma dinamicidade quanto a possibilidade de acessar com maior rapidez e facilidade os conhecimentos técnicos.

Assim como os produtores 3 e 9, o produtor 10 possui uma rede pessoal dinâmica, visto que possui relações com seus filhos, produtores e profissionais

que prestam serviços para a pecuária leiteira. Já o produtor 22, possui uma rede menos dinâmica, pois a maioria dos seus vínculos é de natureza profissional. Destaca-se, de um modo geral, que a dinamicidade das redes pessoais está relacionada com a natureza das ligações e não necessariamente com a quantidades de atores que compõem as redes, chamando-se a atenção ao fato de que nem todos os produtores tecnicamente eficientes possuem redes pessoais dinâmicas.

Na Tabela 21 é apresentada uma tipificação dos produtores eficientes com o intuito de identificar algumas características que os diferencie dos demais. Observa-se que não há uma característica específica dos produtores eficientes com exceção da descendência, em que todos são descendentes de produtores rurais.

Tabela 20 – Rede pessoal dos produtores eficientes

Rede Pessoal	Descrição
	Rede pessoal composta por 5 agentes/instituições. A densidade da rede é igual a 1, ou seja, todos as relações potenciais estão presentes. Cada agente desta rede está conectado com outros 4.
	Rede pessoal composta por 10 agentes e uma densidade de 0,267, ou seja, 26,70% das potenciais relações estão presentes na rede. Os agentes estão conectados em médias com outros dois.
	Rede pessoal composta por 2 agentes e possui densidade e grau médio de conexão igual a 1.
	Rede pessoal composta por 8 agentes e densidade 0,714, ou seja, aproximadamente 71% das potenciais relações estão presentes. Cada agente está se relacionando com outros 5 agentes.
	Rede pessoal composta por 7 agentes, densidade de 0,4776, grau médio de conexão de 2,857.
	Rede pessoal com 6 agentes, densidade de 40% e um grau médio de conexão de 2.

Fonte: Resultados da pesquisa.

De modo geral, não se identificou uma relação dos produtores eficientes com à suas redes pessoais e algumas de suas características específicas. Assim, para este estudo de caso, tem-se que as redes de interação dos produtores e suas características não exercem influência sobre o nível de eficiência dos mesmos.

Tabela 21 - Tipificação dos produtores eficientes

(*)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
3	57	Ensino médio completo	35	29	Herança	Sim/Sim	Patronal	Sim	Leite e Café
6	52	Técnico em Agronegócio	23	8	Comprou	Sim/Sim	Patronal	Não	Leite
7	43	Ensino médio completo	30	8	Comprou	Sim/Sim	Familiar	Sim	Leite
9	31	Ensino médio completo	9	7	Herança	Sim/Sim	Familiar	Sim	Leite
10	75	Ensino fundamental incompleto	42	29	Herança	Sim/Não	Familiar	Sim	Leite
22	41	Ensino fundamental completo	10	2	Comprou	Sim/Não	Familiar	Sim	Leite

Nota: (*) Produtor; (1) Idade do produtor medida em anos; (2) Escolaridade do produtor; (3) Experiência na produção de leite medida em anos; (4) Tempo que participa do programa PDPL medido em anos; (5) Forma de aquisição da propriedade; (6) Descendência de produtores rurais? Descendentes tinham o leite como atividade principal?; (7) Perfil da propriedade; (8) A produção de leite é a principal fonte de renda?; (9) O que é produzido na propriedade?

Fonte: Resultados da pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O segmento produtivo de destaque na economia brasileira é o da pecuária leiteira, que apesar do caráter heterogêneo da produção e da baixa produtividade possui grande importância como atividade econômica e social. Um dos fatores que limitam o crescimento dos índices de produtividade e eficiência está relacionado ao baixo nível de conhecimento dos produtores devido à existência de um problema na difusão de informação e inovação. Assim, o principal questionamento desta pesquisa foi se configuração da rede social dos produtores assistidos pela PDPL, por se tratar de um estudo de caso, exerce influência sobre a eficiência dos mesmos? Adicionalmente, questionou-se como essa configuração influencia o processo de difusão de informação e tecnologia?

Para responder tais questionamentos utilizou-se a metodologia da análise envoltória de dados, a análise de redes sociais e a modelagem baseada em agentes. As informações utilizadas referem-se a 31 produtores de leite do estado de Minas Gerais, integrantes do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira.

A partir da aplicação da análise envoltória de dados, constatou-se que a eficiência e os desempenhos técnico e econômico, medidos pelas relações zootécnicas, indicadores técnicos e econômicos, estão diretamente relacionados, reforçando a necessidade de mudanças técnicas, operacionais e institucionais, visando elevar a produtividade do setor e atingir uma estrutura produtiva que atenda aos níveis de competitividade condizentes com o mercado, em termos de custos, preços e qualidade.

A análise de redes sociais combinada com a modelagem baseada em agentes, permitiu estudar como as características das redes de interação influenciam no processo de difusão de informações, inovações e tecnologias. De modo geral, conclui-se que a rede dos 31 produtores do Programa apresenta baixa coesão, isso devido a presença de apenas 91 ligações entre os produtores das 930 ligações possíveis. Com relação ao grau de centralização *outdegree* e *indegree* e o grau de assortatividade, identificou-se que há diferenças entre indivíduos quanto ao grau de centralidade e caracterizou-se a rede como disassortativa. Em sistemas disassortativos os líderes de opinião, ou seja, os produtores mais influentes, possuem grande importância.

Por meio da modelagem baseada em agentes, foram realizados diversos cenários de simulação possibilitando testar a influência da configuração da rede sobre o processo de difusão, entender como se dá esse processo, identificar possíveis lacunas estruturais e simular possíveis intervenções com o intuito de tornar o processo de difusão mais eficiente. Constatou-se que a seleção de produtores eficientes seria a política mais adequada para o processo de difusão.

Quanto à relação entre a pura eficiência técnica e as medidas de centralidade, redes pessoais e características específicas do produtor, identificou-se que há uma relação positiva entre a eficiência e as medidas de centralidade *indegree* e *betweenness*, indicando que os produtores eficientes possuem maior centralidade. Já em relação as redes pessoais e as características específicas, não se identificou uma relação.

Com esta pesquisa, foi possível constatar que o processo de difusão está positivamente associado com a presença de indivíduos eficientes e indivíduos centrais, identificados pelas medidas de centralidade *indegree* e *betweenness*. Constatou-se também que o processo de difusão depende da estrutura da rede, da escolha dos adotantes iniciais e do valor do *threshold q* (que depende dos valores dos *pay-off's a e b*) que os produtores utilizam para decidir se adotam ou não as inovações, as tecnologias ou as informações.

Apesar da sua importância, a assistência é baixa e com pouca qualificação visto que a manutenção de programas de assistência técnica como o do PDPL demanda muito recurso financeiro. Assim, se faz necessário a criação de um programa de assistência técnica e extensão rural mais eficiente e que dê resultados mais rápidos. Embora mais extensões e verificações sejam importantes, o presente estudo sugere uma nova maneira de escolher políticas para acelerar o processo de difusão em sistemas lácteos típicos (e talvez em outros sistemas rurais) no Brasil e em outros países, que é a seleção de agentes eficientes para iniciar tal processo.

O aperfeiçoamento deste modelo de análise, como por exemplo a incorporação de um *threshold*, ou seja, a tomada de decisão dos produtores não necessariamente seriam as mesmas, poderá ser útil para auxiliar o planejamento de políticas públicas que visem à difusão de novas tecnologias ao sistema produtivo. Assim, a seleção de agentes eficientes para direcionar os programas

de extensão rural e difusão pode trazer benefícios tanto para o produtor quanto para toda a rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABROL, D.; GUPTA, A. Understanding the diffusion modes of grassroots innovations in India: A study of Honey Bee Network supported innovators. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, v. 6, n. 6, p. 541–552, 2014.
- ACEMOGLU, D.; OZDAGLAR, A.; YILDIZ, E. **Diffusion of innovations in social networks**2011 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference. **Anais...**IEEE, 2011
- ACOSTA, C. M. M.; SILVA, A. M. V. DE A. DA; LIMA, M. L. P. DE. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes, São José do Campos**, v. 5, n. 4, p. 88–102, 2011.
- AGUILAR, J. A. R. et al. **State-of-the-art of software tools for agent-based simulations**. [s.l.] Research Report, 2001.
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. 2016. ed. São Paulo: IEG|FNP Consultoria e Comércio Ltda, 2016.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.
- BASS, F. M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. **Management Science**, v. 15, n. 5, p. 215–227, 1 jan. 1969.
- BASS, F. M. Comments on “A New Product Growth for Model Consumer Durables The Bass Model”. **Management Science**, v. 50, n. 12_supplement, p. 1833–1840, 1 dez. 2004.
- BELIK, W. A Heterogeneidade e suas Implicações para as Políticas Públicas no Rural Brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 9–30, 2015.
- BERRY, B. J. L.; KIEL, L. D.; ELLIOTT, E. Adaptive agents, intelligence, and emergent human organization: Capturing complexity through agent-based modeling. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. suppl 3, p. 7187–7188, 2002.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. UCINET 6 for Windows. **Harvard: Analytic Technologies**, v. 185, 2002.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; JOHNSON, J. C. (JEFFREY C. **Analyzing social networks**. [s.l.] SAGE, 2013.
- BUENO, N. P. Improving communication in drought preparedness campaigns in irrigation systems: A network analysis. **Business and Management Review**, v. 4, n. 1, p. 204–209, 2014.
- BURT, R. S. **Structural holes: The social structure of competition**. [s.l.] Harvard university press, 1995.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of

decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.

COBUCI, J. A. et al. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 546–554, 2004.

COELLI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2005.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **Balanço 2016 e Perspectivas 2017: PIB e Performance do Agronegócio**. Disponível em: <http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02_pib.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

CONLEY, T. G.; UDRY, C. R. Learning about a new technology: Pineapple in Ghana. **The American Economic Review**, v. 100, n. 1, p. 35–69, 2010.

COOK, W. D. et al. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software** JSTOR, , 2001.

EASLEY, D.; KLEINBERG, J. **Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a highly connected world**. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 2012.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253–290, 1957.

FERREIRA, A. H.; GOMES, A. P. **Eficiência técnica no curto e no longo prazo em sistemas de produção de leite com gado holandês, mestiço e zebu** CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. **Anais**..SOBER Brasília, 2004

FERREIRA, C. M. D. E. C. F.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. [s.l.] Editora UFV, 2009.

FONSECA TRAVASSOS, G. et al. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PRODUTORES DE LEITE DA MESORREGIÃO DA ZONA DA MATA-MG. **Brazilian Review of Economics & Agribusiness/Revista de Economia e Agronegócio**, v. 13, 2015.

GLADWELL, M. **O ponto da virada-The Tipping Point: Como pequenas coisas podem fazer uma grande diferença**. [s.l.] Sextante, 2013.

GONÇALVES, R. M. L. et al. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Economia Aplicada**, v. 12, n. 2, p. 321–335, 2008.

GRANOVETTER, M. Threshold Models of Collective Behavior. **American Journal of Sociology**, v. 83, n. 6, p. 1420–1443, 1978.

GRANOVETTER, M. S. The strength of weak ties. In: **Social networks**. [s.l.] Elsevier, 1977. p. 347–367.

GRILICHES, Z. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. **Econometrica, Journal of the Econometric Society**, v. 25, n. 4, p. 501–522, 1957.

HEINRICH, A. J. et al. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 11, p. 7355–7362, 2013.

HOFFMAN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. Brasília: SOBER. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 30, n. 4, p. 271–290, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal - PPM**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

ISAAC, M. E. Agricultural information exchange and organizational ties: The effect of network topology on managing agrodiversity. **Agricultural systems**, v. 109, p. 9–15, 2012.

JÚNIOR, A. DE P. M.; XAVIER, P. R.; DE CARVALHO LEÃO, R. A. Manejo reprodutivo de bovinos: potencialidade e desafios. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, p. 317–319, 2014.

KATZ, E. The two-step flow of communication: An up-to-date report on an hypothesis. **Public opinion quarterly**, v. 21, n. 1, p. 61–78, 1957.

LOPES, P. F.; REIS, R. P.; YAMAGUCHI, L. C. T. Custos e escala de produção na pecuária leiteira: estudo nos principais estados produtores do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 3, p. 567–590, set. 2007.

OLIVEIRA, L. F. T.; SILVA, S. P. Mudanças institucionais e produção familiar na cadeia produtiva do leite no Oeste Catarinense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 705–720, 2012.

PEGORETTI, G.; RENTOCCHINI, F.; MARZETTI, G. V. An agent-based model of innovation diffusion: network structure and coexistence under different information regimes. **Journal of Economic Interaction and Coordination**, v. 7, n. 2, p. 145–165, 2012.

PRELL, C. **Social network analysis: History, theory and methodology**. 1. ed. London: Sage, 2012.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA PECUÁRIA LEITEIRA - PDPL. **Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira**. Disponível em: <<http://www.pdpl.ufv.br/pdpl/scripts/index.php>>. Acesso em: 1 set. 2016.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. 5th. ed. New York: Simon and Schuster, 2003.

RYAN, B.; GROSS, N. C. The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. **Rural sociology**, v. 8, n. 1, p. 15, 1943.

SANTOS, M. L. DOS; LÍRIO, V. S.; VIEIRA, W. DA C. Microeconomia aplicada. **Viçosa: UFV**, 2009.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS/FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - SEBRAE-MG/FAEMG. Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de

Minas Gerais em 2005. **Belo Horizonte**, p. 156, 2006.

SIQUEIRA, K. B.; KILMER, R. L.; CAMPOS, A. C. The dynamics of farm milk price formation in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 41–61, 2010.

SOUZA RODRIGUES, M. H. et al. Análise de eficiência dos produtores de leite do município de Rolim de Moura, no estado de Rondônia. **Gestão & Regionalidade (Online)**, v. 27, n. 79, p. 61–76, 2011.

STOKES, J. R.; TOZER, P. R.; HYDE, J. Identifying efficient dairy producers using data envelopment analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2555–2562, 2007.

TODO, Y. et al. **Effects of geography and social networks on diffusion and adoption of agricultural technology: Evidence from rural Ethiopia** CSAE 25th Anniversary Conference. **Anais...** 2011

TRAVASSOS, G. F. et al. Determinantes da eficiência técnica dos produtores de leite da Mesorregião da Zona da Mata - MG. **Revista de Economia e Agronegócio – REA**, v. 13, n. 1,2,3, p. 63–92, 2015.

TUTZAUER, F.; KNON, K.; ELBIRT, B. Network diffusion of two competing ideas. **The Diffusion of Innovations—a Communication Science Perspective**, p. 145–170, 2011.

VALENTE, T. W. Network models of the diffusion of innovations. 1995.

VALENTE, T. W. Social network thresholds in the diffusion of innovations. **Social Networks**, v. 18, n. 1, p. 69–89, jan. 1996.

VALENTE, T. W. Network models and methods for studying the diffusion of innovations. **Models and methods in social network analysis**, v. 28, p. 98, 2005.

VALENTE, T. W. **Social networks and health: Models, methods, and applications**. [s.l.] Oxford University Press, 2010.

VALENTE, T. W.; DAVIS, R. L. Accelerating the diffusion of innovations using opinion leaders. **The Annals of the American Academy of Political and Social Science**, v. 566, n. 1, p. 55–67, 1999.

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis**. 3rd. ed. [s.l.] Norton & Company, 2010.

VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. Fundamentos de economia. **SP: SARAIVA**, 2006.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: Methods and applications**. [s.l.] Cambridge university press, 1994. v. 8

WATTS, D. J.; DODDS, P. S. Influentials, Networks, and Public Opinion Formation. **The Journal of Consumer Research**, v. 34, n. 4, p. 441–458, 2007.

WEIMANN, G. On the importance of marginality: One more step into the two-step flow of communication. **American Sociological Review**, p. 764–773, 1982.

WEJNERT, B. Integrating models of diffusion of innovations: A conceptual framework. **Annual review of sociology**, p. 297–326, 2002.

WILENSKY, U. **NetLogo**Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, , 1999. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>

WYCKHUYSEN, K. A. G.; O'NEIL, R. J. Role of opinion leadership, social connectedness and information sources in the diffusion of IPM in Honduran subsistence maize agriculture. **International Journal of Pest Management**, v. 53, n. 1, p. 35–44, 2007.

ZOCCAL, R. et al. **A nova pecuária leiteira brasileira** Congresso Brasileiro de Qualidade de Leite-CBQL, Anais, Recife. **Anais...**2008

ANEXOS

Anexo A

QUESTIONÁRIO	
Identificação do produtor	
Nome:	
Nome da fazenda:	
Coordenada do GPS:	
Atributos pessoais	
Idade:	
Sexo:	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M
Estado civil:	
Anos de experiência na atividade:	
Nível de escolaridade:	<input type="checkbox"/> Ensino fundamental incompleto <input type="checkbox"/> Ensino fundamental completo <input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto <input type="checkbox"/> Ensino médio completo <input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto <input type="checkbox"/> Ensino superior completo <input type="checkbox"/> Pós-graduação
Anos de estudos:	
Reside na propriedade?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Origem do produtor:	<input type="checkbox"/> Próprio município <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____
Origem da atividade:	<input type="checkbox"/> Herança <input type="checkbox"/> Comprou a terra <input type="checkbox"/> Já tinha outra atividade agropecuária <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____

QUESTIONÁRIO																																																																																																																																																																																																																																															
Análise de redes																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Quem são as pessoas/instituições que de alguma forma influência o seu conhecimento ou técnica na pecuária leiteira?</p> <p>Qual o padrão de relacionamento entre as pessoas citadas anteriormente? (Exemplo: Foram citadas 14 pessoas – marcar 1 se o indivíduo indicado na linha se relaciona com o indivíduo indicado na coluna e 0 caso contrário)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	0														2		0													3			0												4				0											5					0										6						0									7							0								8								0							9									0						10										0					11											0				12												0			13													0		14														0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																																																																																																																																																																																	
1	0																																																																																																																																																																																																																																														
2		0																																																																																																																																																																																																																																													
3			0																																																																																																																																																																																																																																												
4				0																																																																																																																																																																																																																																											
5					0																																																																																																																																																																																																																																										
6						0																																																																																																																																																																																																																																									
7							0																																																																																																																																																																																																																																								
8								0																																																																																																																																																																																																																																							
9									0																																																																																																																																																																																																																																						
10										0																																																																																																																																																																																																																																					
11											0																																																																																																																																																																																																																																				
12												0																																																																																																																																																																																																																																			
13													0																																																																																																																																																																																																																																		
14														0																																																																																																																																																																																																																																	
<p>Características das pessoas indicadas anteriormente: Idade, Sexo, Nível de Escolaridade, Esferas Sociais (Amizade, Igreja, Vizinhança, Trabalho, etc), Estado civil, Ocupação, Faixa de renda.</p>																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Com quais produtores que participam do PDPL o senhor (a) se encontra frequentemente em ocasiões sociais?</p>																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Com quais produtores do PDPL o senhor (a) obtém informações sobre novas técnicas de produção?</p>																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Na sua opinião, quem são os produtores de referência tecnológica da região? (Pode ser produtores que não participam do PDPL)</p>																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Surgiu uma novidade técnica. Antes de adotar, você espera que:</p>								<p> <input type="checkbox"/> A maioria adote <input type="checkbox"/> Alguns adotem <input type="checkbox"/> Vizinhos mais próximos adotem <input type="checkbox"/> Primeiro a adotar </p>																																																																																																																																																																																																																																							

Anexo B

Tabela 22 - Indicadores de tamanho grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Unidade	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Área utilizada para a pecuária	ha	38,84	49,53	96,85	65,73
Total de vacas	Cab./mês	39,28	131,42	89,20	67,77
Vacas em lactação	Cab./mês	32,05	106,88	70,22	54,11
Total de animais (média mensal)	Cab./mês	79,52	243,38	162,48	127,55
Produção anual de leite	L/Ano	222.088,65	943.988,30	405.495,82	351.491,87
Produção média de leite	L/dia	608,46	2.586,27	1.110,95	962,99
Estoque de capital	R\$	711,44	1934,16	1568,02	1177,17
Estoque de capital em benfeitorias	%	24,55	29,92	17,05	21,45
Estoque de capital em maquinás	%	13,70	14,40	9,29	11,75
Estoque de capital em animais	%	23,59	32,44	27,01	25,70
Estoque de capital em terra	%	34,00	18,19	35,17	33,51
Estoque de capital em forragem	%	4,16	6,05	11,47	7,59

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 23 - Relações zootécnicas grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Unidade	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Vacas em lactação / Total de vacas	%	80,45	78,76	78,77	79,58
Vacas em lactação / Rebanho	%	41,41	41,61	41,83	41,61
Vacas em lactação / Área para pecuária	Cab./ha	0,99	1,72	0,97	1,03

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 24 - Indicadores técnicos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Unidade	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Produção / Vacas em lactação	L/Vaca/dia	18,04	21,25	15,47	17,09
Produção / Total de vacas	L/Vaca/dia	14,58	16,85	12,17	13,64
Produção / Mão-de-obra permanente	L/dh	219,04	511,81	269,19	260,58
Produção / Área para pecuária	L/ha/ano	6.726,23	14.115,01	5.650,29	6717,02

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 25 - Indicadores econômicos totais dos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Unidade	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Renda bruta da atividade leiteira	R\$/Ano	319.497,74	1.454.511,77	592.495,04	516013,55
Renda bruta do leite	R\$/Ano	292.919,92	1.392.901,20	549.644,84	479826,74
Custo operacional efetivo da atividade leiteira	R\$/Ano	247.258,72	856.756,61	414.563,42	362138,12
Custo operacional total da atividade leiteira	R\$/Ano	285.563,75	963.974,46	471.039,25	413095,31
Custo total da atividade leiteira	R\$/Ano	309.142,94	1.048.804,02	517.938,12	451157,61
Margem bruta da atividade	R\$/Ano	72.239,02	597.755,16	177.931,63	153875,43
Margem líquida da atividade	R\$/Ano	33.933,99	490.537,31	121.455,79	102918,24
Lucro total	R\$/Ano	10.354,80	405.707,75	74.556,92	64855,95
Taxa de remuneração do capital sem terra	% a.a.	9,14	31,54	11,47	11,64

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 26 - Indicadores econômicos grupos de produtores segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Unidade	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Preço médio do leite	R\$/L	1,29	1,39	1,31	1,30
Custo operacional efetivo do leite	R\$/L	0,92	0,68	0,90	0,90
Custo operacional total do leite	R\$/L	1,12	0,85	1,06	1,07
Custo total do leite	R\$/L	1,24	0,92	1,18	1,19
COE do leite/preço do leite	%	71,43	48,82	68,69	68,74
COT do leite/preço do leite	%	87,13	60,55	80,78	82,55
CT do leite/preço do leite	%	96,55	66,33	90,12	91,70

Fonte: Resultados da pesquisa.

Anexo C

```

Starting fitness: 0.382
Final fitness: 0.382

Core/Periphery Class Memberships:
 1: 1 2 3 6 8 9 10 15 17 24 27 29
 2: 0 4 5 7 11 12 13 14 16 18 19 20 21 22 23 25 26 28 30

Blocked Adjacency Matrix:
 1   3 2   1   1 1 2   1 1   1   2 2 1 2 2 2 2 1 2 1 3
 6 2 3 4 0 8 7 1 9 0 8 5   5 4 2 6 7 8 1 0 1 9 3 4 2 6 7 3 9 5 1
 1 1 2 3 2 2 6 1 8 9 1 2   4 1 1 5 1 7 0 1 2 1 2 2 2 2 1 2 1 3

16 15 | 1 1 1 1 1 1 | 1
2 1   | 1   1
3 2   | 1 1 1 1 1 1 1 | 1
4 3   | 1
30 29 | 1 1
28 27 | 1   1
7 6   | 1 1 1 1 | 1 1
11 10 | 1 1 1 1 | 1
9 8   | 1 1 1 1 | 1
10 9   | 1 1 1 1 | 1 1
18 17 | 1 1 1 1 | 1 1
25 24 | 1 1 1 1 | 1

5 4   | 1
14 13 | 1
12 11 | 1   1 1 | 1
6 5   | 1   1 1 | 1
17 16 | 1   1 1 | 1 1
8 7   | 1   1 1 | 1 1
1 0   | 1   1 1 | 1 1
20 19 | 1   1 1 | 1 1
21 20 | 1   1 1 | 1 1
19 18 | 1   1 1 | 1 1
23 22 | 1   1 1 | 1 1
24 23 | 1   1 1 | 1 1
22 21 | 1   1 1 | 1 1
26 25 | 1   1 1 | 1 1
27 26 | 1   1 1 | 1 1
13 12 | 1   1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1
29 28 | 1   1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1
15 14 | 1   1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1
31 30 | 1   1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1

Density matrix
 1   2
 1   0.348 0.031
 2   0.083 0.056

```

Figura 21 - Estrutura *core/periphery* da rede de interação

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: A rede de interação apresentou um núcleo central coeso com densidade de 0,35 e uma periferia pouco conectada entre si e ao núcleo, o que descaracteriza estrutura núcleo/periferia.

Anexo D

Tabela 27 - Medidas de centralidade dos produtores

Produtor	<i>Indegree</i>	<i>Outdegree</i>	<i>Betweenness</i>	Beta-centralidade
0	1,00	2,00	2,00	3,05
1	4,00	2,00	0,00	498,69
2	3,00	9,00	23,67	2530,94
3	13,00	1,00	56,17	78,36
4	3,00	2,00	18,00	28,08
5	0,00	3,00	0,00	21,36
6	4,00	6,00	13,43	829,01
7	1,00	0,00	0,00	0,00
8	3,00	4,00	9,67	2030,89
9	3,00	9,00	36,20	1496,81
10	3,00	4,00	50,07	1755,42
11	2,00	3,00	3,17	181,03
12	1,00	8,00	20,00	846,07
13	3,00	1,00	0,00	24,30
14	1,00	1,00	6,00	24,30
15	7,00	6,00	94,03	1171,71
16	2,00	2,00	3,00	3,51
17	9,00	4,00	85,02	260,18
18	3,00	1,00	0,00	9,35
19	2,00	2,00	12,33	524,44
20	1,00	1,00	0,00	2,05
21	0,00	2,00	0,00	102,66
22	2,00	3,00	3,33	901,65
23	0,00	0,00	0,00	0,00
24	5,00	4,00	16,42	260,18
25	1,00	2,00	1,33	325,87
26	0,00	0,00	0,00	0,00
27	4,00	2,00	14,43	1358,46
28	2,00	4,00	5,88	1344,36
29	7,00	2,00	77,85	498,69
30	1,00	1,00	0,00	252,58

Fonte: Resultados da pesquisa.