

ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE ABATEDOUROS E CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE AGROINDÚSTRIAS DE FRANGOS DE CORTE NO DISTRITO FEDERAL¹

ELIANE ALMEIDA DO CARMO², JOÃO BATISTA SOARES³, MARCOS AURÉLIO LOPES⁴

¹Recebido para publicação em 20/12/10. Aceito para publicação em 22/11/11.

²Universidade de Brasília (UnB), SRES Quadra 2, Bloco B, apto. 107, Cruzeiro Velho, CEP 70648-020, Brasília, DF, Brasil, Email: eliane.adm@gmail.com

³Universidade de Brasília., Caixa postal 04508, Asa Norte, CEP 70910-970, Brasília, DF, Brasil.

⁴Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. Bolsista do CNPq.

RESUMO: O presente trabalho estudou a localização de uma agroindústria avícola e otimizou sua rede, dos integrados aos consumidores, determinando a quantidade de abatedouros e centros de distribuição que a empresa deve possuir e a localização destes de forma a minimizar custos. A partir da coleta de dados reais e utilizando ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas e programação linear binária, determinou-se a configuração ótima para a rede, bem como, a configuração de diversos cenários alternativos. A função objetivo utilizada, minimiza o somatório dos custos da localização do abatedouro, os custos da localização do centro de distribuição, os custos de produção e remessa dos frangos vivos do integrado até o abatedouro, os custos de abate e remessa até o centro de distribuição e os custos de armazenagem no centro de distribuição e remessa até os clientes finais. O cenário ótimo obtido considera apenas a instalação de um abatedouro e um centro de distribuição de maior capacidade, evidenciando ganhos de escala. Os resultados favoreceram a localização de abatedouros próximos aos integrados e de centros de distribuição próximos aos clientes, sujeitas às diversas restrições impostas pela realidade local.

Palavras-chaves: avicultura, otimização, localização.

STUDY OF THE LOCALIZATION OF SLAUGHTERHOUSES AND DISTRIBUTION CENTERS OF BROILERS AGROINDUSTRIES IN DISTRITO FEDERAL

ABSTRACT: The work investigated the localization of an avian industry and optimized its net, from the corporatives to the consumers, determining the amount of slaughterhouses and distribution centers that the concern should possess and their localization in order to minimize costs. From the collection of real data and by utilizing tools of Geographic Information Systems and binary linear programming, the optimum setting for the net as well the setting of several alternative scenarios were determined. The objective function utilized minimizes the sum of the costs of the slaughterhouse localization, the costs of the localization of the distribution center, the production costs and shipment of the living chickens from the corporatives to the slaughterhouse, the costs of slaughter and shipment as far as the distribution center and the storage costs in the distribution center and shipment to the end clients. The optimum scenario obtained takes into account only the establishment of a slaughterhouse and a distribution center of increased capacity, standing out scale gains. The results support the localization of slaughterhouses close to the corporatives and distribution centers close to the clients submitted to the several restrictions imposed by the local reality.

Key words: Poultry production, optimization, localization.

INTRODUÇÃO

A avicultura é uma atividade de grande importância mundial e também para o Brasil. Segundo a UBABEF (2011), os Estados Unidos lideram a produção mundial de carne de frango, com 16,648 milhões de toneladas, seguido da China com 12,550 milhões de toneladas. O Brasil é o terceiro maior produtor, com produção anual de 12,230 milhões de toneladas. No quesito exportação, o Brasil lidera, e responde, juntamente com os Estados Unidos, por 74,38% dos embarques globais. Além disso, o mercado interno constitui o maior consumidor da produção brasileira, com participação em torno de 39,8 kg *per capita*/ano.

O aumento no consumo de carne de frango nas últimas décadas pode ser atribuído à queda do preço do produto devido aos ganhos tecnológicos ou ainda ao crescimento da produção nos últimos anos. Alguns dos benefícios gerados pela avicultura no Brasil relacionam-se à contenção do êxodo rural, ao estímulo à pequena propriedade, permitindo uma melhor distribuição de renda e incentivo ao produtor. Por meio do sistema de integração, que fomenta a atividade familiar, o setor gera quatro milhões de empregos ao longo do ano (UBA, 2007).

Segundo COSTA (1999), na integração vertical, o produtor se responsabiliza pela criação dos frangos, fornecimento de equipamentos, instalações, energia elétrica e mão-de-obra; em contrapartida, a agroindústria se faz presente tanto à montante, fornecendo insumos e medicamentos, quanto à jusante, abatendo as aves e distribuindo. O produtor integrado deve vender toda a produção à empresa integradora e essa deve adquirir a totalidade produzida pelo integrado.

Esta estratégia de integração se traduz em vantagens para as empresas, tais como, ganho de qualidade na matéria prima, constância no abastecimento, redução dos custos nas operações de abate e padronização da carcaça (CASTRO JUNIOR *et al.*, 2003). Para o integrado, há aumento de rentabilidade, relacionado à redução de custos de produção e ganhos de produtividade, à formação de um plantel básico de reprodutores de alto valor zootécnico e à garantia da comercialização da produção com conseqüente diminuição do risco do negócio.

O fato da avicultura brasileira ter expressiva parcela de integrados, composta de propriedades fami-

liares, não implica em uma produção incipiente. A avicultura brasileira, segundo CASTRO JUNIOR (2005), respalda-se em um alto nível tecnológico que é determinante na competitividade do sistema.

No Brasil, a principal região produtora é a região Sul, que abate cerca de 2,87 bilhões de cabeças/ano, ou seja, 58,74% da produção brasileira. A região Centro-Oeste tem assumido, nos últimos anos, participação crescente no mercado e, atualmente, situa-se na terceira posição. O Distrito Federal (DF) ocupa o décimo lugar no *ranking* dos estados produtores (UBABEF, 2011).

Segundo IPARDES (2002), um dos fatores que tem influenciado fortemente na expansão da avicultura para o Centro-Oeste é a proximidade com as áreas de produção de milho e soja, que são os principais componentes da ração de aves, e o preço relativamente baixo das terras. CASTRO JUNIOR (2005) afirma que esse ponto deve ser considerado um dos fomentadores da progressão exploratória da atividade avícola no DF, haja vista a sua posição espacial e produtiva de grãos, favorecendo uma melhor logística de suprimento na cadeia, com diminuição de custos de transporte e uma harmonização do fornecimento e comercialização.

Segundo BALLOU (2006), localizar instalações fixas ao longo da rede da cadeia de suprimentos é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao conjunto completo dessa cadeia. Essa formulação define as alternativas, juntamente com os custos e níveis de investimentos a elas associadas, usadas para operar o sistema. Esse mesmo autor salientou que os custos com operações de transporte normalmente atingem os 25% do preço de venda do produto. O que significa que 1/4 das receitas da empresa são utilizadas para cobrir os gastos com a entrada de matéria-prima e a distribuição de produto acabado. Além disso, os custos das matérias-primas e as tarifas de impostos locais podem oscilar conforme o local em que a empresa se instala.

Desse modo, o estudo minucioso da localização pode reduzir, de forma drástica, os custos e aumentar a competitividade, seja pelo aumento da eficiência na operação da cadeia logística, na rapidez do atendimento, na redução de custos de transporte ou de impostos, entre outros, além de possibilitar novos mercados e novos negócios, ao passo que instalações subótimas podem gerar ineficiências em transportes, mão-de-obra inadequada e gastos adicionais de capital investido em instalações e operações (BANDEIRA *et al.*, 2006).

O desempenho das atividades de suprimentos e de distribuição depende da otimização da rede logística, que é alcançada também da análise estratégica da localização das instalações. No contexto de concorrência acirrada, no qual a competitividade é sinônimo de produção de alta qualidade, com baixos custos, percebe-se a relevância do assunto nos dias atuais. Situar bem a empresa com o objetivo de reduzir custos pode ser imprescindível para a sua permanência no mercado, visto que, dessa forma, a organização descobre novas maneiras de produzir, estocar e distribuir economicamente.

A localização de instalações, de forma otimizada, em um projeto de rede é um problema comum e dos mais relevantes para empresários e profissionais de logística. Sua importância decorre dos altos investimentos envolvidos e dos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos adicionado a um alto nível de complexidade e grande número de dados. Com isso diversos pesquisadores têm se dedicado a estudar esse assunto (LOPES e CAIXETA FILHO, 2000; RAMOS e CAIXETA FILHO, 2002; BARCELOS *et al.*, 2004; ESQUERDO *et al.*, 2005; FERRARI, 2006; PERIÇARO, 2007).

Diante de tamanha relevância do setor, vê-se a necessidade de estudar a dinâmica locacional desse, já que a localização dos principais atores da cadeia é que vai determinar o desenho e estrutura, bem como as relações entre os elos dessa cadeia organizada e sua competitividade como um todo.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou estudar a localização de uma agroindústria avícola e otimizar sua rede, dos integrados aos consumidores, bem como determinar a quantidade e a capacidade de abatedouros e centros de distribuição. Para isso, utilizando-se ferramentas de sistema de informação geográfica como suporte aos métodos de otimização, criou-se cenários que simulam a implantação de abatedouros e depósitos em diversos locais, considerando diversos critérios importantes.

MATERIALE MÉTODOS

Os dados da pesquisa foram obtidos através de entrevistas com gestores, proprietários, sócios e funcionários, responsáveis por custos, logística, transporte e estratégia de uma integração avícola, localizada no DF, além de visitas realizadas à empresa e integrados.

A empresa estudada atua em toda a cadeia, desde a criação de aves avós, produção de ovos para incubação, matrizes e frangos de corte, abate, processamento e comercialização. Através de 55 integrados, produz cerca de 33.000 aves por dia, que são transportadas por caminhões de empresa terceirizada até o abatedouro onde ocorrem os processos de abate, embalagem e resfriamento. Posteriormente, ocorre a armazenagem em depósito alugado, que atenderá cerca de 5.000 clientes (três mil clientes no DF e dois mil no entorno do DF). O foco deste trabalho compreende o segmento da cadeia que engloba a produção de aves nos avicultores integrados passando pelo abate, processamento até a distribuição.

Dos ovos produzidos pelas matrizes (aproximadamente 16 milhões de ovos/mês) cerca de 25% é exportada para reprodução, 25% destinada ao mercado interno para o consumo humano e os outros 50% são incubados em granjas da empresa até eclodirem.

Dividem-se os pintos de um dia na seguinte proporção: aproximadamente 50% para vendas nacionais e internacionais e o restante aos avicultores. O transporte dos pintos de um dia aos integrados é de responsabilidade da empresa.

O abate dos frangos se dá aos 43 dias de idade. Metade da produção é comercializada viva a clientes regionais e a outra metade terá o abate efetuado por abatedouro alugado. A armazenagem das aves abatidas se realiza em um centro de distribuição alugado e a entrega aos clientes acontece conforme a demanda.

A empresa possui fábrica própria de ração e se responsabiliza pela entrega da ração aos integrados. Os insumos (milho e farelo de soja) são adquiridos junto a produtores do DF e do estado de Goiás.

Os integrados se distribuem, de forma dispersa, pelo DF e entorno. A entrega dos pintos de um dia acontece no início do ciclo, já os medicamentos e rações, periodicamente. Ao fim do ciclo médio de 43 dias, a própria empresa recolhe os frangos para o abate e posterior resfriamento, armazenamento e distribuição aos clientes.

A identificação da localização de cada integrado foi realizada por meio de GPS (*Global Positioning System*). As coordenadas geográficas foram coletadas no formato UTM (Universal Transversa de Mercator) e inseridas no Programa ArcGIS®, pertencente à cate-

goria dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG). Tais ferramentas associam bancos de dados com informações espaciais na forma de mapas digitalizados e auxiliam a representação visual das análises possibilitando efetuar diversas operações entre banco de dados descritivos de ambientes geográficos. Utilizou-se o *software* para: calcular distâncias em linha reta; calcular o centróide das subáreas em que foram agrupados os clientes e servir como banco de dados.

Os clientes finais foram agrupados em subáreas seguindo divisão geográfica adotada pelo Governo do DF. Optou-se por tal procedimento uma vez que se avaliou como inviável a discriminação de cada um dos 5.000 pontos de venda, aproximadamente.

A empresa possui uma intensa atividade de transporte empregada na distribuição dos pintos de um dia, entrega de ração aos integrados, recolhimento dos frangos vivos para o abate, disponibilização de produtos processados nos depósitos e entrega aos pontos de venda. Tanto o abatedouro da empresa, como o centro de distribuição, são alugados de terceiros e a localização desses não são consideradas ideais pelos gestores, interferindo negativamente no nível dos custos da empresa, uma vez que tais setores são estratégicos.

A resolução de problemas de localização de plan-

$$\text{Min} \sum_{a=1}^n CF_a y_a + \sum_{d=1}^t CF_d y_d + \sum_{i=1}^l \sum_{a=1}^n C_{ia} Qp_{ia} + \sum_{a=1}^n \sum_{d=1}^t C_{ad} Qp_{ad} + \sum_{d=1}^t \sum_{c=1}^m C_{dc} Qp_{dc} ; \quad (3.1)$$

Onde: n = número de possíveis abatedouros;

CF_a = Custo fixo anual pela localização de um abatedouro em a ;

Y_a = 1 se o abatedouro estiver localizado em a , caso contrário, 0;

t = número de possíveis centros de distribuição;

CF_d = Custo fixo anual pela localização de um centro de distribuição em d ;

Y_d = 1 se o centro de distribuição estiver localizado em d , caso contrário, 0;

tas pode ser alcançada pelo uso de técnicas analíticas, de programação linear e de simulação. As analíticas são indicadas para localização de instalações únicas, as quais consistem em, basicamente, encontrar o centro de gravidade. Para a localização de múltiplas instalações é mais propícia as de programação linear ou as de simulação. Neste trabalho utilizou-se as técnicas de programação linear binária, também chamadas técnicas de otimização, visto que o principal objetivo do estudo é otimizar rede de suprimentos de uma agroindústria avícola, por meio da localização adequada do(s) abatedouro(s) e do(s) centro(s) de distribuição, visando redução de custos.

No estudo da cadeia de produção de frango da indústria considerada, empregou-se o modelo de otimização de redes (CHOPRA e MEINDL, 2003). Tal modelo emprega a técnica de programação linear com variáveis binárias. A função objetivo minimiza o somatório entre os custos da localização do abatedouro, os custos fixos da localização do centro de distribuição, os custos de produção e remessa dos frangos vivos do integrado ao abatedouro, os custos de abate e remessa até o centro de distribuição e os custos de armazenagem no centro de distribuição e remessa até os clientes finais.

A função objetivo do modelo é a seguinte:

l = número de integrados;

C_{ia} = Custo de produção e transporte de uma tonelada de frango vivo do integrado i ao abatedouro a ;

Qp_{ia} = Quantidade de matéria prima enviada pelo integrado i ao abatedouro a , em toneladas, por ano;

C_{ad} = Custo de abate e transporte de uma tonelada de frango abatido do abatedouro a ao centro de distribuição d ;

Qp_{ad} = Quantidade de produto enviada do abatedouro a ao centro de distribuição d , em toneladas, por ano;

m = número de grupos de clientes;

C_{dc} = Custo de armazenamento e transporte de uma tonelada de frango congelado do centro de distribuição d ao cliente c ;

Qp_{dc} = Quantidade de produto enviado do centro de distribuição d ao cliente c , em toneladas, por ano.

No primeiro termo da equação tem-se o custo fixo anual da provável localização de um abatedouro (CF_a) em a , sendo que no presente trabalho foram consideradas cinco possíveis localizações. O custo fixo anual é multiplicado pela variável binária y_a que assume o valor 1 se o abatedouro estiver localizado em a ; caso contrário o valor será zero.

Informações levantadas junto à empresa indicaram cinco possíveis locais para instalação de abatedouros, que atendem a critérios mínimos de localização tais como a proximidade dos integrados, razoável distância da área urbana, proximidade de rodovias, entre outros. Todos os locais indicados estão no entorno do DF, nos municípios de Alexânia, Luziânia, Cristalina, Formosa e Santo Antônio do Descoberto.

De acordo com as informações levantadas junto à empresa, os custos fixos anuais serão os mesmos para todas as possíveis localizações indicadas, por que a estrutura do abatedouro será a mesma para todos os locais. O que geralmente difere é o custo da terra e de impostos territoriais. Entretanto, esse custo representa aproximadamente 5% dos custos totais e é comum os municípios doarem a terra e isentarem de impostos para atrair empresas.

O segundo termo da função objetivo considera o custo fixo anual pela localização de um depósito (CF_d) em uma provável localidade d multiplicada pela variável binária y_d que assume valor 1 se o abatedouro estiver localizado em d ; caso contrário zero.

Atualmente a empresa utiliza um depósito alugado. A partir de informações levantadas, indicaram-se seis possíveis locais para instalação de depósitos, considerando alguns critérios como proximidade do mercado consumidor, infra-estrutura básica e fácil acesso. Os locais indicados foram as Regiões Administrativas do Gama, Recanto das Emas, Samambaia, Valparaíso, Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) e Santa Maria.

No que concerne à localização dos centros de distribuição, os custos fixos anuais foram divergentes, isso porque o custo do terreno e impostos detêm maior relevância, chegando a representar um terço do total dos custos fixos. Outros componentes assinalados como importantes foram os custos com a instalação, estruturas, painéis isotérmicos, manutenção do piso, compressores, docas niveladoras, empilhadeiras, galpões e energia.

No terceiro termo da Equação 3.1 são computados os custos agregados de produção e frete do integrado i ao abatedouro a (C_{ia}). Considerou-se a presença de 55 integrados na otimização da cadeia. O custo total do frango terminado no integrado, segundo informações da empresa, é R\$1,35, sendo que cada frango pesa em média 2,5 kg. Nesse caso foi acrescentado apenas o custo do frete de cada integrado para cada opção de abatedouro, calculado a partir da quantidade média produzida do integrado em questão, no ano 2006, e da distância entre o integrado e o abatedouro.

A política de fretes do frango vivo considera o peso e a distância (Tabela 1). Neste trabalho, considerou-se a tarifa referente a quantidade a partir de 10.501 kg, por representar a média de produção dos integrados; trabalhar com uma quantidade abaixo significa ociosidade e elevação de custos. A capacidade do caminhão é de 14.000 kg.

Foi utilizada a métrica Euclidiana para calcular as distâncias reais para os diversos deslocamentos previstos no modelo de otimização. Essa técnica é a forma mais comum de medir a distância real entre dois pontos. De posse das distâncias em linha reta utiliza-se um fator de correção para convertê-la para uma distância próxima da real, considerando peculiaridades referentes a topografia e condições de trafegabilidade. O fator de correção mais indicado para áreas urbanas é 1,3, conforme NOVAES (1989). Entretanto, neste trabalho utilizou-se o valor 1,5 para converter as distâncias em linha reta para distâncias próximas das reais. Obteve-se esse fator de correção a partir da relação média entre as distâncias reais obtidas por meio de carro de passeio a partir da visita a 27 integrados e 15 clientes. As distâncias em linha reta foram traçadas no programa ArcGIS. Adotou-se um fator de correção diverso do citado na literatura por ser ele um melhor representante da realidade brasileira, em termos de topografia, arquitetura, trânsito etc.

No quarto termo da Equação 3.1 considera-se o

Tabela 1. Política de frete de frango vivo por distância praticada por uma agroindústria avícola no DF

Peso a partir de 10.501 kg	R\$ 1,35 / km
Peso entre 9.501 a 10.500	R\$ 1,40 / km
Peso entre 8.501kg a 9.500 kg	R\$ 1,45 / km
Peso Abaixo 8.501kg	R\$ 1,50 / km

Fonte: Dados obtidos na agroindústria avícola estudada nesta pesquisa

produto entre os custos anuais de abate e transporte de uma tonelada de frango vivo no abatedouro localizado em a ao centro de distribuição d (C_{ad}) pela quantidade embarcada anualmente. O custo de abater o frango, segundo informações da empresa, é R\$0,076/kg. No custo total associado aos centros de distribuição (C_{ad}) considerou-se o mesmo custo de armazenamento para todos os depósitos mais o custo do frete para cada depósito.

A transportadora do frango abatido trabalha com uma parcela fixa e outra adicional (dependendo do local para onde será transportado). Na parcela fixa, trabalha com a combinação de três tipos de caminhões (Tabela 2) e cinco estratos de quantidades a serem transportadas por vez. A parcela adicional irá variar conforme a área a ser transportada o frango abatido. Há divisão do território em quatro áreas diferentes (Tabela 3). O frete final se dá considerando o tipo de caminhão, a quantidade transportada e a área de destino. Neste trabalho, para o transporte do frango abatido do abatedouro até o centro de distribuição, considerou-se apenas o caminhão *truck*, por possuir maior capacidade, visando reduzir o frete devido a maiores quantidades e ganhos de escala. O extrato de quantidade utilizado foi 9.001 a 12.000 kg, por representar a média utilizada (informações da empresa).

Tabela 2. Política de frete de frango abatido, parcela fixa, praticada por uma agroindústria avícola no DF

Caminhão	Parcela Fixa				
	Kg	Qtde. kg	Qtde. kg	Qtde. kg	Qtde. kg
3/4 (4.000)	até 1800	de 1801 a 2500	de 2501 a 3500	de 3501 a 4300	mais de 4301
Toco (6.000)	até 2800	de 2801 a 4000	de 4001 a 5500	de 5501 a 6.300	mais de 6301
Truck (12000)	até 5000	de 5001 a 7000	de 7001 a 9000	de 9001 a 12000	mais de 12001

Fonte: Dados obtidos na agroindústria avícola estudada nesta pesquisa

Tabela 3. Divisão de fretes de frango abatido por área praticada por uma agroindústria avícola no DF

Área 1	Plano Piloto, Lago Norte, Lago Sul, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Guará, Riacho Fundo I e Taguatinga Sul
Área 2	Sobradinho, Paranoá, São Sebastião, Riacho Fundo II, Recanto da Emas, Samambaia e Ceilândia
Área 3	Brazlândia, Planaltina, Gama, Santa Maria, Valparaíso, Cidade Ocidental, Novo Gama, Águas Lindas e Santo Antonio do Descoberto
Área 4	Luziania, Formosa, Planaltina-GO e Padre Bernardo

Fonte: Dados obtidos na agroindústria avícola estudada nesta pesquisa

No quinto termo da Equação 3.1 são representados os custos de armazenamento e remessa, de uma tonelada, de frango congelado do depósito d ao cliente c (C_{dc}) multiplicado pela quantidade embarcada anualmente do centro de distribuição d ao cliente c . Considerou-se seis possíveis localizações para os centros de distribuição atendendo 72 grupos de clientes.

Na composição da variável C_{dc} considerou-se igual o custo de estocagem por tonelada em todos os cen-

tros de distribuição. A esse, acrescentou-se o custo do frete para cada cliente conforme Tabelas 2 e 3. Para tanto, considerou-se a utilização do caminhão tipo Toco (capacidade de 6.000 kg), que corresponde a média das quantidades transportadas, e o estrato de quantidade situado entre 4.001 a 5.501 kg, que, segundo a empresa, representa a média transportada aos clientes.

Considerou-se uma perda média de 26% no mo-

mento do abate, referente às vísceras, sangue, penas etc. e uma perda média de 0,012% toneladas/ano no centro de distribuição, segundo informações da empresa.

As restrições usadas para adequar a função objetivo à empresa estudada são:

Capacidade de abastecimento de cada integrado:

$$\sum_{\alpha=1}^n Qp_{i\alpha} \leq Q_{int}, \quad \text{para } int = 1, \dots, l; \quad (3.2)$$

Onde: Q_{int} : quantidade produzida, em toneladas, por ano, do integrado i .

A equação 3.2 restringe a quantidade total embarcada de cada integrado i , para os cinco abatedouros ($n = 5$), a sua capacidade de produção. Essa restrição foi aplicada a cada um dos 55 integrados ($l = 55$).

Balanco de entrada e saída nos abatedouros

$$\sum_{i=1}^l Qp_{i\alpha} - \sum_{d=1}^t Qp_{\alpha d} - P_{\alpha} \geq 0, \quad \text{para } \alpha = 1, \dots, n; \quad (3.3)$$

Onde: P_{α} : perdas, em peso, verificadas no abate, em toneladas por ano

Pela equação 3.3, considera que a quantidade de frangos vivos embarcada anualmente pelos 55 integrados ($l = 55$), para cada um dos cinco abatedouros ($n = 5$), deve ser maior ou igual a quantidade embarcada de cada abatedouro para os seis depósitos considerados ($t = 6$) mais as perdas no abatedouro. Conforme informações levantadas junto à empresa, essas perdas, naturais do processo de industrialização, estão na ordem de 26% em relação à quantidade de produto (toneladas de frango vivo) que entra no abatedouro.

Quantidade abatida:

$$\sum_{d=1}^t Qp_{\alpha d} \leq Cap_{\alpha} y_{\alpha}, \quad \text{para } \alpha = 1, \dots, n; \quad (3.4)$$

Onde: Cap_{α} : capacidade potencial do abatedouro, em ton por ano, no local α .

A quantidade de frango vivo abatida no

abatedouro α e enviada ao centro de distribuição d , por ano, deve ser menor ou igual a sua capacidade de abate.

Balanco de entrada e saída nos depósitos:

$$\sum_{\alpha=1}^n Qp_{\alpha d} - \sum_{c=1}^m Qp_{dc} - P_d \geq 0, \quad \text{para } d = 1, \dots, t; \quad (3.5)$$

Onde: P_d : perdas, em peso, verificadas nos depósitos, em ton por ano.

A quantidade embarcada do abatedouro α ao depósito d , por ano, deve ser maior que a quantidade embarcada do depósito d ao grupo de clientes c (os clientes foram agrupados em 72 grupos, $m = 72$) mais as perdas associadas aos depósitos (informação da empresa revela que tais perdas giram em torno de 2,4 ton/ano, no sistema de distribuição). Ou seja, a quantidade de frango abatido e congelado, armazenada no centro de distribuição não pode exceder a quantidade de frango abatida vinda do abatedouro.

Quantidade embarcada pelo depósito:

$$\sum_{c=1}^m Qp_{dc} \leq Cap_d y_d, \quad \text{para } d = 1, \dots, t; \quad (3.6)$$

Onde: Cap_d : capacidade dinâmica do depósito, em toneladas por ano, no local d .

A quantidade anual, enviada aos grupos de clientes, não pode exceder a capacidade potencial do centro de distribuição d . Entende-se por capacidade potencial, a capacidade estática multiplicada pelo número de vezes que o depósito é abastecido no ano.

Quantidade enviada ao cliente por cada depósito:

$$\sum_{d=1}^t Qp_{dc} = Qcli_c, \quad \text{para } c = 1, \dots, m; \quad (3.7)$$

Onde: $Qcli_c$: demanda anual do cliente c , em toneladas por ano.

A quantidade total, embarcada do centro de distribuição d ao cliente c , por ano, deve atender a demanda do mercado.

As características deste modelo de otimização o classifica como de programação linear binária por empregar variáveis 0/1. A implementação foi feita uti-

lizando o software LINGO Extended (Versão 9.00, Licença nº LGPC5-901109). Os dados requeridos pelo programa, discutidos anteriormente no modelo foram organizados em planilha eletrônica de forma a serem acessadas por ele sempre que necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicou-se o modelo de otimização desenvolvido na simulação de cenários. Consideraram-se os possíveis abatedouros e centros de distribuição com três capacidades diferentes objetivando uma combinação que minimizasse os custos da empresa estudada.

Cinco cidades (Alexânia, Luziânia, Cristalina, Formosa e Santo Antonio do Descoberto) situadas no entorno do DF, foram selecionadas como candidatas à instalação dos abatedouros. De acordo com a empresa, as capacidades adotadas foram: 31.000 t/ano, 15.500 t/ano e 10.500 t/ano. Os respectivos custos fixos anuais foram R\$5.115.000,00, R\$3.375.900,00, e R\$2.557.500,00, respectivamente. Essas capacidades foram definidas visando a garantia do pleno atendimento da produção dos integrados. Conforme mencionado, em Material e Métodos, não houve diferença entre os custos fixos para instalação dos abatedouros nos locais indicados.

Para os centros de distribuição as capacidades dinâmicas consideradas no modelo foram: 36.000 ton/ano, 18.000 e 12.000, garantindo o atendimento aos abatedouros. Os custos fixos dos centros se diferenciam em função do local considerado, conforme a Tabela 4.

A capacidade dinâmica anual total para os depósitos, considerada no modelo de otimização, corresponde a 5.000 ton/ano a mais que a estipulada para a capacidade de abate devido à necessidade de se manter um estoque de segurança maior no elo dependente da demanda dos clientes. A demanda dos clientes influencia no fluxo dos frangos abatidos, fazendo-se necessárias, ao longo do ano, alterações na quantidade armazenada, o que não se observa no abatedouro, onde o frango vivo deve sofrer abate imediato para ser, em seguida, enviado ao centro de distribuição; desnecessário, portanto, estoque.

3.1. Cenário ótimo

Considerando todas as combinações possíveis entre as capacidades propostas para os abatedouros

Tabela 4. Custos fixos dos centros de distribuição de frangos de uma agroindústria avícola no DF em função de diferentes locais

Local	Capacidade (ton./ano)	CF (R\$/ano)
Gama	36.000	1.559.880
	18.000	1.039.920
	12.000	779.940
Recanto das Emas	36.000	1.500.000
	18.000	1.000.000
	12.000	750.000
Samambaia	36.000	1.499.940
	18.000	999.600
	12.000	749.970
Valparaíso	36.000	1.440.000
	18.000	960.000
	12.000	720.000
SAI	36.000	1.800.000
	18.000	1.200.000
	12.000	900.000
Santa Maria	36.000	1.319.940
	18.000	879.960
	12.000	659.970

Fonte: Dados obtidos na agroindústria avícola estudada nesta pesquisa

e centros de distribuição, o cenário ótimo fornecido pelo modelo de otimização mostra que deve ser instalado um abatedouro com capacidade de produção de 31.000 ton/ano (33.000 aves/dia) a um custo fixo equivalente a R\$5.115.000 ao ano, na cidade de Luziânia (GO) e um centro de distribuição com capacidade dinâmica de 36.000 ton/ano, na Região Administrativa de Santa Maria (DF), a um custo fixo de R\$1.319.940,00.

O abatedouro atende a todos os integrados e o centro de distribuição à totalidade dos clientes. A localização do abatedouro em Luziânia, se justifica por apresentar uma posição estratégica com relação a todos os integrados.

É possível desenvolver raciocínio semelhante para analisar a localização ótima resultante do centro de distribuição como sendo em Santa Maria, conferindo a esse, posição estratégica para o atendimento dos clientes. Destaca-se ainda a proximidade com o abatedouro escolhido pelo modelo, além da pequena

distância que o separa de oito dos dezoito maiores grupos de clientes que, em conjunto, demandam cerca de 15% da produção total. Soma-se a esses argumentos o fato de ser Santa Maria o local que apresenta menor custo fixo.

Modelos de otimização que empregam programação linear binária ou inteira não possibilitam avaliar a faixa de variação possível nos coeficientes da função objetivo e nas restrições. Com isto optou-se pelo estudo de cenários alternativos objetivando analisar o efeito da variação das capacidades dos abatedouros e depósitos em relação ao cenário ótimo.

3.2. Primeiro e segundo cenários alternativos

Na otimização do primeiro e segundo cenários alternativos foi fornecido ao modelo a possibilidade de escolha de instalação de um abatedouro e dois cen-

tros de distribuição (primeiro cenário) e um abatedouro e três centros de distribuição (segundo).

Para esses cenários alternativos o modelo manteve o abatedouro com capacidade de 31.000 ton/ano localizado em Luziânia (GO). No primeiro cenário estabeleceu-se em 18.000 ton/ano a capacidade dinâmica de estoque máxima para cada um. O resultado obtido mostrou que o melhor local para a instalação foi para a cidade de Valparaíso (GO), com capacidade igual a 13.000 ton/ano, e um em Santa Maria (DF) com capacidade igual a 18.000. No segundo cenário a capacidade dinâmica considerada para cada centro foi de 12.000 ton/ano, a fim de selecionar três locais possíveis para instalação dos mesmos. A resposta fornecida pelo programa foi um depósito em Samambaia (capacidade de 8.360 ton/ano), um em Valparaíso (capacidade igual a 10.640 ton/ano) e outro em Santa Maria (capacidade 12.000 ton/ano), conforme Tabela 5.

Tabela 5. Especificações dos depósitos de frangos de uma agroindústria avícola no DF empregados no primeiro e no segundo cenários, no ano de 2008

Cenários alternativos	Números de depósitos	Capacidade dinâmica (ton/ano)	Custo	Locais	Capacidade dinâmica utilizada (ton/ano)
1°	2	18.000	960.000	Valparaíso	13.000
			879.960	Santa Maria	18.000
			749.970	Samambaia	8.360
2°	3	12.000	720.000	Valparaíso	10.640
			659.970	Santa Maria	12.000

Fonte: dados da pesquisa

Na Tabela 5, a terceira coluna refere-se à capacidade potencial de cada depósito (considerando a margem de segurança de 5.000 ton/ano em relação à capacidade de abate). Na última coluna tem-se a capacidade dinâmica utilizada pelos respectivos depósitos. Pode-se perceber, por esses valores, que no primeiro cenário a unidade de Santa Maria (DF) trabalharia com sua capacidade plena enquanto que a unidade de Valparaíso (GO) manteria a margem de segurança considerada. Para o segundo cenário a capacidade plena estaria novamente em Santa Maria (DF) e as margens de segurança em Valparaíso (GO) e Samambaia (DF).

A configuração da rede de distribuição, dessa forma, implica, segundo o modelo de otimização, em um

aumento de custos da ordem de 1,66%, em relação ao cenário ótimo.

Para o segundo cenário otimizado, os custos aumentaram em 2,4% em comparação com o cenário ótimo. Esse aumento ocorreu devido esgotada a capacidade de atendimento do depósito de Santa Maria, a utilização dos centros de Valparaíso e Samambaia eleva os custos, uma vez que esses atendem os clientes deixados a descoberto por aquele depósito, que estão adjacentes àquele. Essa situação confirma o pressuposto de que é mais adequada a instalação de unidades de maiores capacidades do que pulverizar o atendimento utilizando mais unidades com menores capacidades. A localização de instalação única reduz a ação de fatores negativos na composição de custos tais como: a divisão da demanda entre as ins-

talações, os efeitos da consolidação dos estoques e os custos da instalação.

3.3. Terceiro, quarto e quinto cenários

Para esses cenários o modelo otimizou as seguintes configurações: dois possíveis abatedouros para todos (cada abatedouro com capacidade igual 15.500 t/ano), um localizado em Luziânia e outro em Santo Antonio do Descoberto, ambos com custos fixos na ordem de R\$3.375.000,00; e um centro de distribuição para o terceiro cenário (capacidade dinâmica de 36.000 t/ano), dois para o quarto (capacidade dinâmica de 18.000 t/ano) e três para o quinto (capacidade de 12.000).

Os resultados relativos à localização dos depósitos para o terceiro, quarto e quinto cenários estão resumidos na Tabela 6. A localização do centro de distribuição para o terceiro cenário permanece em Santa Maria (DF), com capacidade dinâmica igual a 36.000 t/ano. Quando se consideram dois possíveis centros de distribuição, quarto cenário, o programa mostra que os locais deveriam ser em Samambaia (capacidade de 14.321 t/ano) e Santa Maria (16.679). No caso do quinto cenário (três possíveis depósitos) as localidades selecionadas para o programa foram: Samambaia (capacidade dinâmica de 12.000 t/ano), Valparaíso (7.000 t/ano) e Santa Maria (12.000 t/ano).

Tabela 6. Características dos centros de distribuição de uma agroindústria avícola no DF do quarto, quinto e sexto cenários, no ano de 2008

Cenários	Número de depósitos	Capacidade dinâmica (ton/ano)	CF RS/ano	Local	Capacidade dinâmica utilizada (ton/ano)
4°	1	36.000	1.319.940	Santa Maria	31.000
5°	2	18.000	999.600	Samambaia	14.321*
			879.960	Santa Maria	16.679**
			749.970	Samambaia	12.000*
6°	3	12.000	720.000	Valparaíso	7.000**
			659.970	Santa Maria	12.000***

*Produto proveniente do abatedouro de Santo Antonio do Descoberto

**Produto proveniente do abatedouro de Luziânia

***1.511 toneladas/ano proveniente do abatedouro de Santo Antonio do Descoberto e o restante do abatedouro de Luziânia

Os aumentos percentuais no custo total devido aos cenários considerados foram: 6,14% no terceiro cenário, 7% no quarto cenário e 7,80% no quinto. Percebe-se que aumentando a quantidade de abatedouros e centros de distribuição aumenta-se o custo total. Tal suposição se confirmou quando se simulou mais três cenários alternativos (sexto, sétimo e oitavo) considerando, para cada um, três abatedouros. A inclusão de um abatedouro no terceiro cenário elevou os custos em quase quatro pontos percentuais e no sexto em mais de dois pontos percentuais, enquanto que a inserção de mais centros de distribuição aos cenários, em média, elevou os custos em 0,8 pontos percentuais. Isso ocorre devido aos maiores custos fixos para os abatedouros, o que se traduz em maior dificuldade em alterar o local da planta dos abatedouros que modifica o dos depósitos.

Nota-se, com esse estudo, a relevância de se consi-

derar a economia de escala no planejamento estratégico de uma empresa avícola. O estudo comprova que a instalação de abatedouros e depósitos de maior capacidade, tende a levar a cenários de maior eficiência, o que corrobora com a teoria de que se a tecnologia de produção apresenta economias de escala expressivas, a escolha correta seria optar por poucas plantas com alta capacidade.

Os abatedouros de Formosa e de Cristalina não foram sugeridos em nenhum dos cenários obtidos pelo modelo. Da mesma forma, não foram selecionados pelo programa centros de distribuição nas Regiões Administrativas do Gama e Recanto das Emas.

De acordo com os resultados apresentados, observou-se, para todos os cenários, uma tendência à implantação de abatedouros mais próximos aos integrados, visando minimizar os fretes de frangos vivos.

A teoria de Weber (CLEMENTE e HIGACHI, 2000) explica essa tendência dos abatedouros localizarem próximos às granjas. Segundo os autores, alguns processos produtivos sofrem de perda de peso, outros sofrem ganho de peso e há os que não apresentam alteração em seu peso. No primeiro caso as empresas tendem a se localizar próximas as fontes de matérias-primas; no segundo, próximas ao mercado consumidor; e no último, as empresas podem se orientar tanto para a proximidade do mercado quanto às matérias-primas. No caso da avicultura isso pode ser visualizado, os abatedouros tendem a se localizarem próximos aos fornecedores de matéria-prima, já que há uma grande perda de peso, cerca de 26%, mais de um quarto do frango vivo é perdido no abate referente a penas, sangue e vísceras.

Os resultados simulados mostraram que para os centros de distribuição também houve uma tendência desses se localizarem próximos aos clientes, o que minimizou os custos com fretes, que são maiores para o transporte do centro de distribuição para o cliente. Isso ocorre porque as quantidades transportadas de frango abatido, do abatedouro ao depósito, podem ser feitas em maiores quantidades, possibilitando a instalação desses, mais próximos aos clientes.

Para futuros trabalhos sugere-se um aprimoramento no levantamento dos custos logísticos envolvidos no processo de integração dos avicultores, no abate e industrialização e no estoque empregando as metodologias clássicas (custo total e operacional). Uma vez instalado o abatedouro e o centro de distribuição, sugere-se a aplicação de métodos de programação multiperiódica em estudos visando otimização do gerenciamento da cadeia pela empresa. A logística do roteamento envolvendo integrados, fábrica de ração, abatedouro também poderia ser estudada empregando-se metodologias apoiadas em Sistemas de Informação Geográfica.

CONCLUSÕES

A partir das informações coletadas junto à empresa, o resultado fornecido pelo modelo de otimização mostrou que deveria ser instalado um abatedouro com capacidade anual de abate de 31.000 ton/ano em Luziânia (GO) e um centro de distribuição com capacidade dinâmica para armazenar 36.000 ton/ano na cidade satélite de Santa Maria (DF). O resultado exprime a lógica de que, com a otimização, a localização do abatedouro e do depósito deve ser a mais próxima possível dos avicultores integrados e dos clien-

tes, respectivamente. O estudo de cenários alternativos ao ótimo mostrou uma elevação dos custos à medida que se optou por reduzir a capacidade e aumentar a quantidade de instalações dos abatedouros e centros de distribuição. Sendo esse acréscimo mais sensível para o caso dos abatedouros.

A utilização integrada de ferramentas de otimização com Sistemas de Informações Geográficas revelou-se adequada e propiciou agilidade na condução do trabalho, bem como respostas de fácil entendimento. Com isso foi possível um apurado discernimento quanto à localização dos abatedouros e dos centros de distribuição na região geográfica de abrangência da cadeia avícola explorada pela empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2006. 615 p.
- BANDEIRA, R. A. M. **Proposta de uma sistemática de análise para a localização de depósitos**. 2006. 150f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- BARCELOS, F.B.; PIZZOLATO, N.D.; LORENA, L.A. Localização de escolas de ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória, ES. **Revista Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 133-149, 2004.
- CASTRO JUNIOR, W. L. **Características transacionais nos elos da cadeia avícola diante da ocorrência de hold-up: um estudo de caso no Distrito Federal**. 2005. 136f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- CASTRO, W. L.; ASTUTI, E. L.; BOTELHO, F. B. Arranjos contratuais entre diferentes elos da cadeia avícola no Distrito Federal. Brasília, 2005.
- CLEMENTE, A.; HIGACHI, H. Y. **Economia e desenvolvimento regional**. São Paulo: Atlas, 2000. 260p.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 477p.
- COSTA, T. V. A. M. **Integração regional e seus efeitos sobre as exportações brasileiras de carne avícola**. 1999. 131f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Facul-

dade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ESQUERDO, J. C. D. M.; NERY, L. A.; ROCHA, J. V. et al. Uso de sistemas de informação geográfica para o suporte à decisão um exemplo de aplicação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2649-2655.

FERRARI, R. C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no estado de Mato Grosso.** 2006. 186f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Análise da competitividade da cadeia agroindustrial de carne de frango no Estado do Paraná.** Curitiba: IPARDES, 2002, 230p.

LOPES, R. L.; CAIXETA FILHO, J. V. Suinocultura no Estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 20, n. 2, p. 213-232, 2000.

NOVAES, A. G. N. **Sistemas Logísticos: transporte, armazenagem e distribuição de produtos.** São Paulo: Edgar Blucher, 1989. 372p

PERIÇARO, G. A. **Um estudo sobre a influência de custos de transporte na localização de uma agroindústria de aves.** 2007. 132f. (Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RAMOS, S. Y.; CAIXETA FILHO, J. V. Distribuição espacial de *packing-houses* de laranja no Estado de São Paulo: uma aplicação da teoria da localização. **Revista Economia Sociologia Rural**, v. 40, n. 3, 2002.

UBA, UNIÃO BRASILEIRA DE AVIVULTURA. **Relatório anual 2006/2007.** Disponível em: <http://www.uba.org.br/hom_uba.html>. Acesso em: 10 de out. 2007.

UBABEF, UNIÃO BRASILEIRA DE AVIVULTURA. **Relatório anual 2010/2011.** Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/index.php>> Acesso em 06 de out. 2011.