

RENDIMENTO DE CORTE DO COURO BOVINO: AVALIAÇÃO NÃO-PARAMÉTRICA DAS DIFERENÇAS ENTRE TRÊS GRUPOS DE PRODUTOS

BOVINE LEATHER CUTTING YIELD: NON-PARAMETRIC EVALUATION OF DIFFERENCES AMONG THREE PRODUCT GROUPS

Kim Araújo Camões de Sena
Fundação Getúlio Vargas – FGV EAESP
kimsena0@gmail.com

Mário Prestes Monzoni Neto
Fundação Getúlio Vargas – FGV EAESP
mario.monzoni@fgv.br

Vivian Maria Dinamarco
viviandinamarco@gmail.com

Ana Paula Dalmagro Delai
Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
anapauladelai@hotmail.com

Resumo

O artigo avalia o impacto do ecodesign de peles bovinas no rendimento de corte de couros destinados para o setor automotivo. A pesquisa comparou três grupos amostrais independentes: um deles não sofreu qualquer intervenção, enquanto os outros dois foram submetidos a recortes no estágio denominado pele em tripa, que ocorre antes da efetiva transformação da pele em couro. As intervenções realizadas tiveram o fim de tornar o formato da pele mais uniforme ao remover extremidades irregulares, que teriam o potencial de limitar o atingimento de rendimentos de corte mais elevados. Através de uma abordagem metodológica robusta, empregando testes não paramétricos sequenciais - o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn - foi possível avaliar as diferenças no rendimento de corte entre os grupos. Os resultados indicaram uma diferença significativa no rendimento entre o ecodesign e o produto padrão, sugerindo que os formatos de ecodesign não apenas melhoram a eficiência do corte, mas também promovem uma maior responsabilidade ambiental. Este achado reforça a importância da incorporação de práticas sustentáveis no processo produtivo, alinhando benefícios econômicos com a preservação ambiental.

Palavras-chave: Couro, Pensamento de Ciclo de Vida, Rendimento de Corte.

Abstract

The article evaluates the impact of bovine leather ecodesign on the cutting yield of leathers destined for the automotive sector. The research compared three distinct sample groups produced together: one of them underwent no intervention, while the other two were subjected to cuts at the stage called "flayed hide," which occurs before the actual

Página 1 de 11

transformation of the skin into leather. The interventions aimed to make the skin's shape more uniform by removing irregular edges that could potentially limit higher cutting yields. The study results indicated that the interventions resulted in higher cutting yields, which opens up the opportunity to assess how such potential environmental benefits, combined with a higher co-production rate resulting from the generation of collagen shavings, can impact studies of coating material life cycles.

Keywords: Leather, Life Cycle Thinking, Cutting Yield.

1. Introdução

As organizações possuem um papel fundamental na transição global para o desenvolvimento sustentável e para um futuro de baixas emissões de gases de efeito estufa (Green et al., 2011). Entretanto, o estabelecimento de políticas internas às companhias não são suficientes, visto a extensão dos impactos de cadeias globais, uma vez que apresentam múltiplas externalidades ambientais negativas, para além dos limites das organizações. Os efeitos também se dão nos sistemas de background das empresas: propriedades rurais e fontes naturais de extração de matéria-prima, posicionadas à montante na cadeia de produção e aterros ou recicladoras para onde seus produtos foram encaminhados no final do ciclo de vida. Adicionalmente, a tecnologia, produção e definição do design, tomadas por todas ao longo da cadeia de valor, impõem impactos ambientais distintos (Nilsson-Lindén et al., 2019).

Neste sentido, o pensamento de ciclo de vida destrava visões limitadas da responsabilidade de cada etapa produtiva no impacto total do produto, facilitando a cooperação entre os diferentes elos da cadeia e viabilizar um impacto ambiental menor. Este tipo de abordagem que considera todo o ciclo de vida é fundamental para avaliação do impacto ambiental, uma vez que possibilita às empresas vinculadas a produção comiditizada, inovar em processos com impacto ao longo de toda a cadeia de valor. Gerando produtos com maior responsabilidade ambiental. (Hertwich; Peters, 2009).

O pensamento de ciclo de vida possibilita entender como o design do produto pode reduzir as externalidades ambientais negativas das cadeias de valor (Klassen; Whybark, 1999). Levando em consideração a estrutura de interesses envolvidos nas cadeias de suprimentos e o atraso frequente de desconsiderar processos mais sustentáveis para as tomadas de decisão, emerge um desalinhamento entre os interesses de mercado e atendimento aos compromissos de produção com responsabilidade ambiental (Handfield et al., 2019).

Inovar nos processos produtivos de produtos intermediários, ou seja, que serão matérias-primas de outras indústrias, é viabilizado a partir de algumas abordagens. Uma delas é a geração de coprodutos. A produção de couros o termo coprodução tem múltiplos significados, neste trabalho considerar-se-á a explicação de Bremer e Meisch (2017):

“[...] materiais, intencionais ou inevitáveis, produzidos de forma simultânea ao produto principal e com igual importância. Coprodutos devem sempre atender às especificações para suas características e podem ser usados diretamente para uma aplicação particular.”

No setor produtivo de couros, a pele é a principal matéria-prima. Antes do processo de curtimento, ela ainda se encontra no ciclo biológico, e qualquer produto do recorte da pele pode ser direcionado para outras indústrias, como alimentícia, farmacêutica ou cosmética. Otimizar o uso de matéria-prima, equilibrando a geração de produtos e coprodutos simultaneamente, mostra-se fundamental para redução de desperdício e minimização das externalidades ambientais negativas como aumento de GEE e geração de resíduos sólidos, tanto para a indústria do couro como para

outros setores que utilizam o couro como matéria-prima.

Este trabalho buscou identificar de que forma intervenções no formato original da pele bovina impactariam no rendimento de corte de couros produzidos para o setor automotivo. Tais conclusões, ao ser atreladas a Avaliações de Ciclo de Vida (ACVs) podem permitir futuros estudos que expandam os limites do sistema para além do berço à porteira, incluindo a eficiência na etapa de manufatura ao incluir eficiência de corte como variável relevante à quantificação do impacto ambiental de um material de revestimento.

O experimento em questão teve como objeto de estudo o couro bovino destinado a estofamentos automotivos. O formato convencional foi usado como referência, e dois designs adicionais foram propostos para o formato do couro, totalizando três grupos amostrais. Tal organização experimental teve o objetivo de avaliar o impacto de tais intervenções sobre a eficiência de corte do material.

Como tal intervenção afetaria o balanço material do processo devido ao impacto na geração mássica dos diferentes co-produtos colagênicos e da pele em si, entende-se que as intervenções nos formatos por si só teriam influência sobre a área útil do couro oriundo de tais processos produtivos.

2. Materiais e Métodos

Para este estudo considerou-se o corte dos couros em peças de assentos automotivos, mensurando o impacto do formato do couro sobre a eficiência de corte. Assim, a variável dependente a ser monitorada é o Rendimento de Corte, apresentado na equação 1:

$$\text{Rendimento de Corte} = \frac{\text{ÁreaÚtil}(m^2)}{\text{ÁreaBruta}(m^2)} \quad (1)$$

O frigorífico fornecedor foi selecionado por apresentar baixo desvio padrão de área das peles, permitindo que os grupos amostrais mantivessem áreas similares. Foram selecionadas 1.400 peles aleatoriamente de um único frigorífico localizado no estado de Goiás, Brasil. Em seguida, foi realizado o transporte para o curtume de ribeira, onde foram processadas até a etapa de segregação o que é segregação? dos grupos amostrais, que ocorreu após a etapa de pré-descarne. Neste momento, dentre as 1.400 peles foram separadas as que apresentavam padrão de qualidade intermediário – comumente referida como Classificação – permitindo a criação de três grupos amostrais randômicos de 200 peles cada, aqui denominados Formato A, Formato B e Formato C. As 800 peles remanescentes não selecionadas para nenhum dos três grupos amostrais seguiram para o processamento industrial do curtume, saindo do experimento.

A diferença estabelecida entre os três grupos amostrais foi unicamente em relação ao formato atribuído às peles no estágio denominado Tripa, quando as peles encontram-se intumescidas e depiladas antes do curtimento. Em seguida, as peles foram individualmente identificadas quanto aos seus grupos e numeradas em ordem crescente de 1 a 200 com furos e riscos na flor, permitindo rastreabilidade pele a pele ao longo do processo.

Após a separação e identificação, as 600 peles (200 para cada grupo amostral) passaram pelo processo de Divisão, onde a elas foi conferida a espessura de pelo menos 1.6 mm. Após divididas as peles, os três grupos amostrais distintos foram submetidos à diferenciação de design proposta neste experimento.

- **Formato A:**

O processo é conduzido convencionalmente. São aparadas apenas partes pendentes de gordura e consideradas muito irregulares. Esta forma de produção pode ser encarada como a padrão no mercado internacional, de forma a maximizar a área de pele preservada. Dois exemplos de peles zebuínas no estágio tripa sem interferência em seu formato convencional podem ser vistas na Figura 1.

Figura 1 – Formato A: Peles no estágio tripa em formato convencional.



Fonte: Autores

- **Formato B:**

Dois cortes são realizados longitudinalmente em cada lado da pele, removendo duas tiras contíguas ao longo de todo o seu comprimento. Adicionalmente, são feitos cortes transversais na região da nuca ou cabeça, acompanhando o desenho da pele. Por fim, potenciais pontas geradas na região da culatra também são removidas. O Formato B pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Formato B: Peles recortadas.



Fonte: Autores

- **Formato C:**

Recortes longitudinais são realizados de forma menos significativa que o Recorte B, apenas garantindo uma maior homogeneização das extremidades da pele. Na região da nuca/cabeça, o recorte se dá de forma similar ao Recorte B. Detalhes do Formato C podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3 – Formato C: Peles recortadas.



Fonte: Autores

Após a diferenciação, as peles foram novamente reunidas para a etapa de Curtimento, momento em que a pele se converte em couro em um tambor rotativo denominado Fulão. Como estavam individualmente identificadas, o processamento conjunto em um único processo de curtimento foi realizado para fins de padronização, sem comprometer o reagrupamento dos grupos amostrais posteriormente no processo.

Seguidos os processos de Curtimento e Semi-acabamento – conduzidos em dois curtumes no estado de Goiás (Brasil) – os couros foram enviados para Acabamento na província de Montevidéu (Uruguai), e, em seguida, direcionados para corte em peças automotivas para veículo de passeio em uma unidade produtiva na região do Porto (Portugal).

Cada um dos Formatos foi cortado segundo o mesmo modelo de corte de assentos automotivos de automóvel de passeio médio, contendo seus assentos dianteiros e traseiros. Assim, foi possível calcular o rendimento de corte para cada um deles.

Um exemplo das peças sendo posicionadas para corte pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Peças posicionadas para corte. À esquerda, peles do Formato A, no centro, do Formato B, e à direita do Formato C.



Fonte: Autores

Para a etapa de análises estatísticas utilizou-se métodos não-paramétricos dada a natureza dos resultados auferidos com o experimento. Para avaliar se há diferença entre as medianas de três grupos de amostras independentes, utilizamos dois testes não paramétricos sequenciais: o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn para comparações múltiplas. A estrutura metodológica empregada foi:

Teste de Kruskal-Wallis: O teste de Kruskal-Wallis é um método não paramétrico utilizado para determinar se há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de três ou mais grupos independentes. Este teste é apropriado quando os dados não atendem às suposições da ANOVA, como a normalidade da distribuição ou homogeneidade das variâncias.

1. Hipóteses:

- Hipótese Nula (H0): As medianas dos grupos são iguais.
- Hipótese Alternativa (H1): Pelo menos uma das medianas dos grupos é diferente.

2. Cálculo:

- Ranqueamos todos os valores dos dados combinados, independentemente do grupo de pertença.
- Calculamos a soma dos ranques para cada grupo.
- Utilizamos a estatística de teste de Kruskal-Wallis, dada pela equação 2:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (2)$$

Página 6 de 11

onde (N) é o número total de observações, (k) é o número de grupos, (R_i) é a soma dos ranques no grupo (i), e (n_i) é o número de observações no grupo (i).

3. Decisão:

- Comparamos o valor calculado de (H) com o valor crítico da distribuição qui-quadrado com ($k - 1$) graus de liberdade.
- Se (H) for maior que o valor crítico, rejeitamos a hipótese nula.

Teste de Dunn: Após um resultado significativo no teste de Kruskal-Wallis, procedemos com o teste de Dunn para identificar entre quais grupos as diferenças ocorrem. Este teste compara as diferenças entre os ranques médios dos grupos em pares.

1. Cálculo:

- Para cada par de grupos, calculamos a diferença absoluta entre os ranques médios e dividimos pelo erro padrão da diferença entre ranques médios.
- A estatística de teste para cada comparação é dada pela equação 3:

$$Z = \frac{|R_i - R_j|}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}} \quad (3)$$

onde (R_i) e (R_j) são as somas dos ranques médios dos grupos (i) e (j), respectivamente.

2. Ajuste para Múltiplas Comparações:

- Os valores-p são ajustados para o número de comparações realizadas, utilizando o método Bonferroni, para controlar a taxa de erro tipo I.

3. Decisão:

- Comparamos os valores-p ajustados com o nível de significância estabelecido.
- Se o valor-p ajustado for menor que o nível de significância, concluímos que há uma diferença significativa entre os grupos comparados.

3. Resultados e Discussão

Após corte dos couros foi possível comparar os três grupos amostrais com respeito ao rendimento de corte de cada um. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas do banco de dados construído para os testes constando as variáveis componentes do Rendimento de Corte, Área Total e Área Útil. Adicionalmente, a tabela apresenta o n amostral, considerando o valor agregado dos três formatos na etapa de Corte. As demais colunas representam as medidas estatísticas de amplitude (mínimo, máximo e iqr - inter quartil), a mediana, a média e o desvio padrão.

Tabela 1 – Estatística descritiva do banco de dados completo.

	U.M.	n	Mínimo	Máximo	Mediana	Inter Quartil (iqr)	Média	Desvio Padrão
Rendimento de Corte	%	586	0.645	0.891	0.755	0.05	0.756	0.038
Área Total	m ²	586	2.55	5.64	4.34	0.853	4.31	0.55
Área Líquida	m ²	586	1.79	4.36	3.28	0.554	3.25	0.396

Fonte: Autores

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas por formato. Nota-se na Tabela 2 que o Formato A (benchmarking) apresenta mediana de Rendimento de Corte menor que os formatos do ecodesign B e C. Os testes de normalidade Shapiro-Wilk mostraram que nenhum dos grupos apresentou dados normais para a variável de rendimento de corte. Deste modo, todos os testes serão realizados com o uso de estatística não-paramétrica.

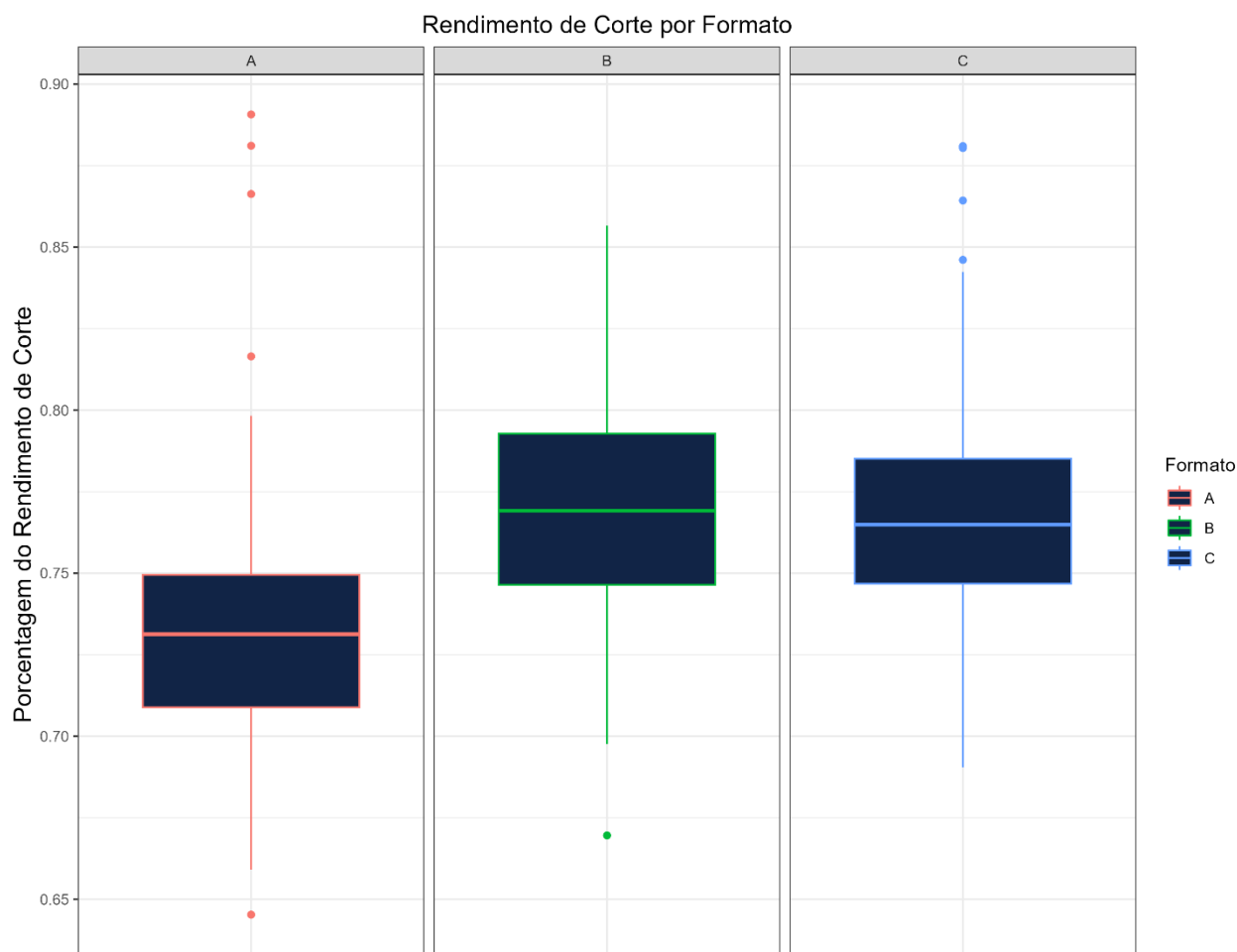
Tabela 2 – Estatística descritiva do banco de dados completo.

Formato	n	Mínimo	Máximo	Mediana	Inter Quartil (iqr)	Média	Desvio Padrão
A	197	0,645	0,891	0,731	0,041	0,731	0,034
B	198	0,670	0,857	0,769	0,046	0,77	0,034
C	191	0,691	0,881	0,765	0,038	0,767	0,031

Fonte: Autores

A Figura 5 apresenta o gráfico de boxplot do rendimento de corte entre os três grupos amostrais, permitindo visualizar que Formatos B e C têm medianas maiores que o Formato A referente à produção padrão. No entanto, os produtos oriundos do ecodesign indicam similaridade na comparação das medianas.

Figura 5 – Rendimento de Corte



Fonte: Autores

O teste de Kruskal-Wallis resultou em valor-p menor que 5%, significando que a hipótese de que todas as medianas, entre os grupos, são iguais foi rejeitada. Assim, assume-se que há diferença estatística em pelo menos uma das comparações.

Em seguida buscou-se identificar quais formatos apresentaram diferença entre as medianas de rendimento de corte. O método Dunn permitiu avaliar em quais dos grupos as comparações apresentaram diferença estatística que permitisse inferir que o rendimento de corte era distinto. Esse resultado é essencial para demonstrar os efeitos de responsabilidade com produção mais limpa esperados com os produtos dos Formatos B e C, quando comparados ao Formato A. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados dos testes estatísticos.

Tabela 3 - Estatísticas geradas a partir do teste de Dunn.

Formatos		N Amostral		Parâmetros Estatísticos		
Grupo 1	Grupo 2	N1	N2	Estatística	p	p-adj
A	B	197	198	11.0	5.19e-28	1.56e-27
A	C	197	191	9.98	1.87e-23	5.61e-23
B	C	198	191	-0.895	3.71e-01	1.00e+00

Fonte: Autores

É possível observar que o valor-p-adj foi inferior a 5% para as comparações A-B e A-C, demonstrando que há diferença estatística entre o rendimento de corte do Formato A para o Formato B e do Formato A para o Formato C. Ou seja, os formatos de corte que representam o ecodesign tem diferenças significativas no rendimento de corte quando comparados ao benchmarking da empresa. Ao comparar os Formatos B e C a conclusão foi que não é possível apontar diferença.

Assim, a intervenção no design escolhido para o corte das peles é apresentou resultados importantes sobre o rendimento de corte. Essa análise estatística permite apoiar diversas tomadas de decisão no âmbito empresarial, como formulação de portfólios de produtos mais responsáveis ambientalmente e de produção mais limpa, com menor geração de resíduos e efeitos ao longo de toda cadeia produtiva.

A busca por ~~maior~~ eficiência no emprego de insumos através melhores práticas na etapa de corte de couro mostra-se viável e tem implicações em todo o ciclo de vida, como aponta Hertwich; Wood (2018).

Para pesquisas futuras, espera-se integrar ACVs aos estudos de rendimento de corte. Evoluir para frameworks que possam apoiar a tomada de decisões e propor sistemas de produção mais sustentáveis é um desafio latente às indústrias de estofados de couro e outros materiais.

4. Agradecimentos

Fundação Getúlio Vargas – FGV EAESP pelo apoio na construção desta pesquisa.

Referências

ALLWOOD, Julian M.; ASHBY, Michael F.; GUTOWSKI, Timothy G.; WORRELL, Ernst. Material efficiency: providing material services with less material production. **Philosophical Transactions A**, [S. l.], p. 1-15, 13 mar. 2013.

BREMER, Scott; MEISCH, Simon. Co-production in climate change research: reviewing different perspectives. **WIREs Climate Change**, [S. l.], v. 8, n. 6, p. e482, 20 jul. 2017.

GREEN, Kenneth W.; ZELBST, Jr Pamela J.; BHADIAURIA, Vikram S.; MEACHAM, Jeramy. Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance?. **Industrial Management & Data Systems**, [S. l.], p. 186-205, 12 set. 2011.

HANDFIELD, Robert B.; COUSINS, Paul D.; LAWSON, Benn; PETERSEN, Kenneth J. How Can Supply Management Really Improve Performance? A Knowledge-Based Model of Alignment

Capabilities. **Journal of Supply Chain Management**, [S. l.], v. 51, n. 1, p. 3-17, 19 out. 2019.

HERTWICH, Edgard; PETERS, Glen P. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 43, n. 16, p. 6414-6420, 15 jun. 2009.

HERTWICH, Edgar G; WOOD, Richard. The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry. **Environmental Research Letters**, [S. l.], p. 1-11, 5 out. 2018.

KLASSEN, Robert D.; WHYBARK, D. Clay. The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance. **Academy of Management Journal**, [S. l.], p. 599-615, 1 dez. 1999.

NILSSON-LINDÉN, Hanna; ROSÉN, Magnus; BAUMANN, Henrikke. Product chain collaboration for sustainability: A business case for life cycle management. **Business Strategy and the Environment**, [S. l.], p. 1-13, 19 ago. 2019.