

COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CONSTRUTIVOS PARA AUTENTICIDADE DE RELÓGIOS ROLEX



Adelino Pinheiro Silva

<http://lattes.cnpq.br/8373538496107754> - <https://orcid.org/0000-0002-2796-4841>

adelino.pinheiro@policiacivil.mg.gov.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Lívia F. P. Miyamoto

<https://orcid.org/0009-0000-8310-8276> - <http://lattes.cnpq.br/4443595209428698>

liviapradomg@yahoo.com.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Áurea Helena Lima Zuin

<https://orcid.org/0009-0000-6678-933X> - <http://lattes.cnpq.br/4735451973110116>

henazuin3@gmail.com

Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Washington Xavier de Paula

<https://orcid.org/0009-0005-8001-4916> - <http://lattes.cnpq.br/7959181697121752>

xavierdepaula@yahoo.com.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Isabela Linhares de Oliveira

<https://orcid.org/0009-0005-3668-5368> - <http://lattes.cnpq.br/7959181697121752>

isabelapcmg@gmail.com

Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

A propriedade intelectual (PI) é um dos pilares da indústria de relógios de luxo e funciona protegendo a inovação, a autenticidade e o valor agregado das marcas. No caso da Rolex, o valor dos relógios transcende a função de marcação do tempo e agrega, além do valor monetário, *status* e herança cultural. Esse valor agregado faz do relógio da Rolex uma peça que transita pelo mercado informal e o torna suscetível à falsificação. Apesar das metodologias de verificação de autenticidade, observa-se que informações construtivas da Rolex são protegidas por segredo industrial. Nesse aspecto, o objetivo do presente relato é comparar características construtivas que permitam excluir a hipótese de autenticidade de relógios Rolex. Realizou-se um estudo de caso comparativo entre duas amostras com análise qualitativa e quantitativa. As características analisadas foram: (1) a composição elementar de materiais externos por Fluorescência de Raios-X; (2) a análise indireta do mecanismo do relógio por meio do rastreamento do movimento mecânico do ponteiro por processamento digital de imagem; e (3) a análise da qualidade da aplicação de logomarca. Na comparação notou-se que uma das amostras apresentava características da composição dos metais compatíveis com o especificado pela Rolex. Em relação aos mecanismos, a medição permitiu concluir que estes são distintos, e a aplicação de marca de uma das amostras foi divergente em no mínimo 9%. Em um protocolo de comparação, sugere-se que a inferência de não autenticidade seja baseada em parâmetros mensuráveis em características internas e externas, sempre tomando como referência as informações divulgadas pelo fabricante.

Palavras-chave: Autenticidade; Rolex; Perícia; Comparação Forense; Fluorescência por raio-X; Rastreamento por imagem; Aplicação de logomarca.

COMPARISON OF CONSTRUCTION PARAMETERS FOR AUTHENTICITY OF ROLEX WRISTWATCHES

ABSTRACT

Intellectual property (IP) is one of the pillars of the luxury watch industry, protecting innovation, authenticity, and the added value of brands. In the case of Rolex, the value of its watches transcends mere timekeeping, adding not only monetary worth but also status and cultural heritage. This added value allows Rolex watches to circulate in informal markets, making them susceptible to counterfeiting. Despite existing methodologies for verifying authenticity, certain proprietary information about Rolex is protected as trade secrets. The aim of this report is to compare constructive characteristics that can exclude the hypothesis of authenticity in Rolex watches. A comparative case study was conducted between two samples using qualitative and quantitative analysis. The analyzed characteristics included: (1) the elemental composition of external materials through X-ray fluorescence; (2) indirect analysis of the mechanism by tracking the mechanical movement of the hands through digital image processing; and (3) the quality of the logo application. The comparison revealed that one sample exhibited metal composition characteristics consistent with Rolex specifications. Regarding the mechanisms, measurements concluded that the mechanisms were distinct, and the logo application of one sample diverged by at least 9%. In a comparison protocol, it is suggested that the inference of non-authenticity be based on measurable parameters of internal and external characteristics, always referencing the information disclosed by the manufacturer.

Keywords: Authenticity; Rolex; Forensic comparison; X-ray fluorescence; Image tracking; Logo application.

DOI: <https://doi.org/10.70365/2764-0779.2025.134>

Recebido em: 10/03/2025.

Aceito em: 16/04/2024.

1 INTRODUÇÃO

A propriedade intelectual (PI) é um tipo de posse que inclui criações tangíveis ou intangíveis derivadas do intelecto dos humanos. Refere-se ao conjunto de direitos que protegem as criações da mente, garantindo exclusividade de uso e exploração comercial a seus titulares. Diversas normas jurídicas nacionais e internacionais regulamentam os direitos sobre patentes, marcas, desenhos industriais e direitos autorais, destacando-se a Convenção de Paris (1883) e a Revisão de Estocolmo, de 14 de julho de 1967, que asseguram a devida proteção contra cópias e falsificações.

Esse arcabouço normativo é um dos pilares centrais da indústria de artigos de luxo, atuando como um mecanismo essencial para preservar a inovação, a autenticidade e o valor agregado de marcas renomadas. Nesse contexto, a propriedade intelectual não se limita apenas à proteção de projetos e patentes, mas também sustenta a lógica de altos preços e escassez associados à exclusividade (Sjöstedt & Mannerford, 2023).

O mercado de artigos de luxo é caracterizado por produtos de alto valor agregado, qualidade superior, inovação, escassez planejada e forte valor simbólico, movimentando bilhões de dólares anualmente. Dentro desse mercado, destaca-se a Rolex, uma das marcas mais icônicas e prestigiosas da relojoaria de luxo, reconhecida mundialmente pela excelência em engenharia, design sofisticado e inovação tecnológica. Fundada em 1905 por Hans Wilsdorf, a Rolex consolidou-se como sinônimo de precisão, durabilidade e *status*, sendo uma das marcas mais valorizadas e desejadas no mercado de relógios de alto padrão (Rolex, 2025).

No caso da Rolex, a propriedade intelectual representa um ativo intangível de grande relevância, e seu alto valor agregado no mercado não apenas garante a autenticidade dos produtos, mas também reforça seu prestígio social. Um relógio Rolex vai além de sua função primária de marcador do tempo, tornando-se um símbolo de sucesso, *status* e herança cultural. Esse valor agregado é construído por meio de pesquisa, inovação, marketing e proteção de segredos industriais.

Além disso, a exclusividade dos relógios Rolex faz com que muitos consumidores, investidores e colecionadores busquem alternativas no mercado cinza, no qual produtos legítimos são comercializados sem a intermediação oficial da marca, muitas vezes para evitar longas filas de espera para determinados modelos (Kylämarkula, 2023). Por outro lado, a demanda elevada pelos relógios Rolex também impulsiona a constante ameaça da falsificação.

O comércio de produtos falsificados está frequentemente associado a crimes organizados, incluindo lavagem de dinheiro e evasão fiscal. Além de enganar consumidores, a contrafação desvia recursos que poderiam ser investidos em setores legítimos da economia, o que fortalece redes criminosas

(Andrade, 2020).

Nesse contexto, a Rolex é um exemplo de como a inovação e o segredo industrial são fatores essenciais na criação de um produto de alto valor agregado, fabricado com insumos de alta qualidade e métodos de produção meticulosos, protegidos por rígidas diretrizes de sigilo industrial. Isso torna a Rolex a única detentora dos recursos de segurança capazes de atestar a autenticidade de seus produtos.

Embora existam metodologias de verificação de autenticidade (Craddock, 2009), a maior parte dos estudos foca na percepção do mercado (Athwal & Harris, 2018) e nas relações de consumo (Riefa, 2008). No entanto, não foram encontrados trabalhos específicos que apresentem um protocolo pericial estruturado para a verificação forense da autenticidade de relógios Rolex.

Diante dessa lacuna, a pergunta central do presente trabalho é se existem diferenças entre a especificação técnica informada pelo fabricante e os parâmetros mensuráveis de um relógio Rolex que permitam inferir sobre sua autenticidade.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivos: 1) revisar e sistematizar os parâmetros construtivos adotados pela Rolex em seus relógios; 2) realizar um estudo comparativo entre dois relógios com características construtivas divergentes; 3) discutir um protocolo mínimo para a exclusão da hipótese de autenticidade.

A pesquisa baseia-se na metodologia de estudo de caso, com a comparação de duas amostras, cujas principais informações foram levantadas a partir de pesquisa bibliográfica e documental, além de análises qualitativas e quantitativas dos parâmetros construtivos dos relógios Rolex. Os principais parâmetros examinados incluem: 1) composição dos materiais, determinada por Fluorescência de Raios-X (XRF); 2) análise indireta do mecanismo dos relógios por meio do rastreamento do movimento mecânico do ponteiro por processamento digital de imagem (DIP – Digital Image Processing); e 3) análise da qualidade da aplicação de logomarca.

Na próxima seção, será apresentada a metodologia aplicada, incluindo a descrição dos instrumentos empregados, uma breve explicação dos métodos de obtenção dos parâmetros avaliados e as técnicas estatísticas utilizadas. A Seção 3 exibe os relógios analisados e os resultados obtidos, seguida pela Seção 4, que traz a discussão dos achados. Por fim, a Seção 5 resume os principais resultados e apresenta propostas para pesquisas futuras.

2 METODOLOGIA

O presente relato trata de um estudo de caso comparativo de natureza exploratória aplicada. O objeto do estudo são dois relógios da marca Rolex, modelo Datejust (mesmo modelo) com pulseira Oyster e luneta canelada, que

estavam disponíveis para a realização das análises. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico e documental sobre as especificações oficiais do modelo divulgadas pela Rolex, bem como foram buscadas informações complementares entre divulgadores da marca.

Realizaram-se rotinas de medição de dados nos relógios, de modo a averiguar formas de falsificação, conforme enumeradas por Craddock (2009): 1) imitação do original; 2) alteração de não original; 3) pastiche e 4) alteração de um original. Visando estabelecer a distinção entre uma falsificação e um objeto autêntico, o mesmo autor propõe os seguintes métodos de averiguação: 1) exame visual instrumentalizado, buscando evidências de danos, reparos ou alterações; 2) análise dos materiais para estabelecer a composição dos autênticos ou alterações físicas/químicas indicativas de idade ou tratamento; 3) determinação da idade por meio de várias técnicas de datação física (Craddock, 2009).

Dentre os métodos listados, escolheram-se três abordagens específicas: análise da composição dos materiais por meio da XRF em três pontos distintos do relógio (caixa, pulseira e luneta); análise do movimento mecânico do ponteiro de segundos pelo rastreamento do movimento em uma gravação de vídeo em alta resolução e taxa de quadros; e comparação da aplicação da logomarca "ROLEX" no mostrador, utilizando como padrão imagem pública disponibilizada no site do fabricante. Essas abordagens foram escolhidas com base em dois critérios: o primeiro é disponibilidade instrumental, e o segundo é a limitação de informações divulgadas pela Rolex.

No levantamento de dados dos relógios examinados, utilizaram-se lupas HS113 e HS525, respectivamente, com luzes ultravioleta (UV) e infravermelho (IV); microscópio digital; estereomicroscópio marca Leica, modelo M205C; vídeo comparador espectral marca/modelo Regula/4307; régua; câmera fotográfica Nikon D7 100 e lente Tokina 100 mm macro; espectrômetro de Fluorescência de Raios-X portátil marca/modelo S1 Titan 800 Bruker; smartphone com câmera fotográfica de alta resolução com capacidade de filmagem em até 240 quadros marca Apple iPhone 15; software Python 3.9 com os pacotes opencv, matplotlib e scipy.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Fundamentação Lógico-Matemática

A autenticidade de um objeto pode ser definida de forma lexicográfica como sendo relativa a uma origem conhecida e definida. Por outro lado, na análise pericial de um objeto para sua definição de autenticidade, o que se busca é identificar um conjunto de parâmetros construtivos que sejam próprios, típicos e/ou exclusivos de uma origem ou fabricante (Craddock, 2009). Do ponto

de vista formal, um objeto autêntico pode ser definido como aquele que mantém todas as suas características construtivas de acordo com o padrão estabelecido pelo fabricante.

Dessa forma, pode-se definir um conjunto de n características construtivas X , em que cada elemento x_n é uma variável aleatória. Consequentemente, um objeto autêntico apresenta o conjunto $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ de características. No presente estudo de caso, a característica a_0 pode representar o percentual de ouro na luneta metálica de um relógio, enquanto a_1 pode corresponder à presença do número de série. Nota-se que as variáveis que compõem os conjuntos podem ser tanto quantitativas quanto categóricas.

Com isso, define-se que um objeto que possui as características X é autêntico se todas as suas n características pertencerem aos respectivos domínios de A , de acordo com a seguinte relação:

$$g: X \rightarrow Y \exists g = (x_0 \subset a_0) \wedge (x_1 \subset a_1) \wedge \dots \wedge (x_n \subset a_n), \quad (\text{Equação 1})$$

ou

$$g = (x_i \subset a_i) \forall x_i \in X, a_i \in A \quad \text{para } i = 0, \dots, n. \quad (\text{Equação 2})$$

Em outras palavras, pode-se afirmar que um objeto é autêntico se, e somente se, todas as suas características estiverem contidas nos domínios correspondentes das características do objeto original. Observa-se que essa definição formal é bastante restritiva.

A partir da Equação 1, pode-se formular um teste de hipótese. Assume-se, como hipótese nula (H_0), que um objeto é autêntico e atende a todos os requisitos da equação, formalmente representada como:

$$\begin{cases} H_0: g = (x_0 \subset a_0) \wedge \dots \wedge (x_n \subset a_n) = 1, \\ H_1: g = (x_0 \subset a_0) \wedge \dots \wedge (x_n \subset a_n) = 0 \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

O valor das sucessivas disjunções lógicas, operador \wedge , será verdadeiro, ou igual a 1, se, e somente se, todas as condições forem satisfeitas. A escolha da hipótese nesse formato segue os princípios da parcimônia e do ônus da prova.

Entretanto, na realização de exames periciais, não é possível acessar todo o conjunto das n características construtivas do objeto, pois muitas dessas características não podem ser testadas, seja porque não são documentadas pelos fabricantes, são segredos industriais ou estão inacessíveis em exames não destrutivos. Na ausência de informação, assume-se que k características disjuntas em \hat{g} podem ser testadas, enquanto $n-k$ características não testáveis formam \hat{h} , sendo assumidas como verdadeiras.

Assim, define-se:

$$g = \hat{g} \wedge \hat{h} \quad (\text{Equação 4})$$

sendo

$$\hat{g} = (x_0 \subset a_0) \wedge \dots \wedge (x_k \subset a_k), \quad (\text{Equação 5})$$

e assumindo

$$\hat{h} = (x_{k+1} \subset a_{k+1}) \wedge \dots \wedge (x_n \subset a_n) = 1. \quad (\text{Equação 6})$$

Para rejeitar a hipótese nula H_0 , é suficiente que $\hat{g} = 0$, ou seja, que pelo menos uma das k características de X não pertença ao domínio correspondente em A . Por outro lado, se for obtido $\hat{g} = 1$, falha-se em rejeitar a hipótese nula, dada a premissa de $\hat{h} = 1$. É importante ressaltar que a formulação apresentada tem um caráter pragmático e não visa abranger experimentos conceituais como, por exemplo, o problema do navio de Teseu.

3.2 Relógios Analisados

A amostra em análise são dois relógios que apresentam marca Rolex modelo Datejust com pulseira Oyster e luneta canelada. Na Figura 1, observa-se, à esquerda, o objeto "A" e, à direita, o objeto "B", bem como a indicação com números romanos de I a VI dos parâmetros construtivos examinados, formando o conjunto \hat{g} com $n = 6$ características que podem ser testadas.

Figura 1 – Imagem dos relógios analisados com o objeto "A", à esquerda, e objeto "B", à direita. Os parâmetros construtivos examinados são indicados com números romanos, relativos respectivamente a I e II: composição química da caixa do relógio; III: composição química da pulseira; IV: composição química da luneta; V: movimento do ponteiro dos segundos; e VI: aplicação da logomarca no mostrador.



Fonte: Elaborado pelos autores.

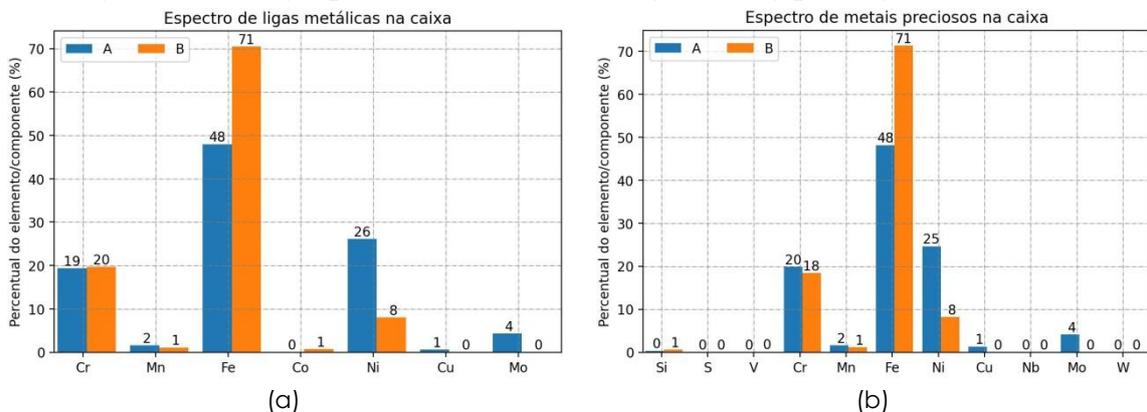
3.3 Fluorescência por Raio-X

A Fluorescência de Raios-X (XRF) é uma técnica analítica não destrutiva capaz de determinar a composição elementar de materiais (Beckhoff *et al.*, 2007). Ela pode ser aplicada em amostras diversas, como metais, cerâmicas, solos, minerais e líquidos, permitindo a detecção precisa de elementos que vão desde o sódio (Na) até o urânio (U). No entanto, a técnica apresenta limitações na detecção de elementos leves, como hidrogênio (H), hélio (He) e lítio (Li).

Um equipamento de XRF é composto por uma fonte de Raios-X, um detector e um sistema de análise de sinais. Para analisar uma amostra ou uma região específica, a fonte emite um feixe de fótons de alta energia, provocando a emissão de Raios-X fluorescentes. Esses sinais são captados pelo detector e processados, convertendo as energias detectadas na composição percentual elementar da amostra.

A composição elementar é representada por um espectro que indica o percentual de cada elemento identificado na amostra. As Figuras 2 e 3 apresentam a análise da caixa dos relógios Rolex examinados (objetos "A" e "B"), exibindo o espectro de decomposição elementar relativos aos pontos I a IV indicados na Figura 1. Na Figura 2a, observa-se o espectro obtido nos dois objetos utilizando a biblioteca de ligas metálicas, enquanto na Figura 2b é exibido o espectro gerado a partir da biblioteca de metais preciosos.

Figura 2 – Análise da caixa dos relógios Rolex, com espectro dos relógios "A" (em azul) e "B" (em laranja) utilizando a biblioteca de ligas metálicas do equipamento XRF (figura 2a), à esquerda, e, à direita, espectro com emprego da biblioteca de metais preciosos (figura 2b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

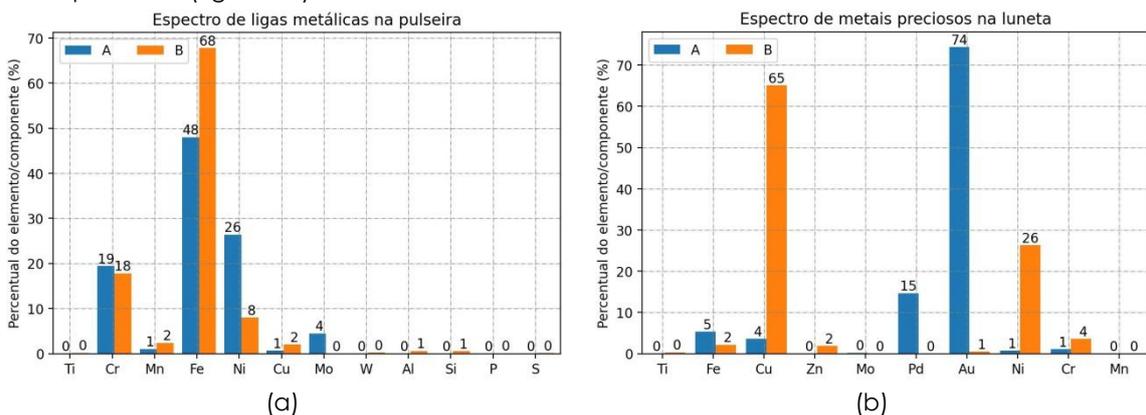
Nas imagens da Figura 2, nota-se, primeiramente, uma semelhança muito grande entre os resultados da caixa de cada relógio utilizando as diferentes bibliotecas. O relógio "A" apresenta basicamente 48% de ferro, 26% de níquel e 19% de cromo (aço 904), enquanto o relógio "B" apresenta 71% de ferro 20% de cromo e 8% de níquel (aço 303). Para comparar as amostras, utilizou-se o teste chi-quadrado, que resultou com valor-p de 0,001 para ligas metálicas (Figura 2a) e valor-p de 0,02 para metais preciosos (Figura 2b).

O teste chi-quadrado de independência busca verificar se as distribuições condicionais da população na variável de resposta são idênticas. Nesse caso, o teste foi utilizado para verificar se as composições elementares são as mesmas para cada relógio "A" e "B". O teste tem como hipótese nula que as variáveis (valores percentuais dos de cada elemento) são estatisticamente independentes, isto é, possuem as mesmas distribuições. Quando o teste é

significativo, no caso com valor-p inferior a 0,05 com uma confiabilidade de 95%, há evidência para rejeitar a hipótese de que a distribuição de origem das amostras é igual (Agresti & Finlay, 2012).

O resultado do teste indica que o metal presente na caixa do relógio “A” é compatível com o metal especificado pela Rolex¹ (aço 904), enquanto o metal presente na amostra “B” é divergente do especificado (aço 303). O mesmo fato acontece com a pulseira, como indicado na Figura 3a. Nesse caso, o teste de chi-quadrado resultou com valor-p de 0,02. Para o material da luneta, o espectro da Figura 3b indica que o relógio “A” apresenta uma liga com 74% de ouro e 15% de paládio (ouro branco 18 quilates), enquanto a amostra “B” é composta por uma liga de 65% de cobre e 26% de níquel (cuproníquel). O teste de chi-quadrado exibe valor-p < 10⁻¹⁶, indicando a divergência entre os materiais. O relógio “A” apresentou características compatíveis com a especificada pelo fabricante², enquanto o relógio “B” divergiu.

Figura 3 – Análise das pulseiras dos relógios Rolex, com espectro dos relógios “A” (em azul) e “B” (em laranja) utilizando a biblioteca de ligas metálicas do equipamento XRF (figura 3a), à esquerda, e, à direita, análise das lunetas dos relógios Rolex com espectro com emprego da biblioteca de metais preciosos (figura 3b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4 Cadência de movimentação do ponteiro dos segundos

Dentre as diferentes características marcantes no mecanismo dos relógios Rolex, dois pontos se destacam. O primeiro é a precisão do mecanismo de contagem de tempo, que apresenta um erro inferior a ± 2 segundos por dia¹. O segundo é a discretização do movimento, com uma cadência de 8 passos por segundo. Essas duas características motivaram o desenvolvimento de um método para medir o funcionamento do mecanismo por meio do rastreamento por PDI (*Processamento Digital de Imagens*).

O procedimento consistiu na realização de uma gravação em alta resolução com 240 quadros por segundo (*frames per second – FPS*), ou seja, mais de 80 FPS, que está acima de 10 vezes a frequência de Nyquist. A posição do ponteiro dos segundos foi medida a partir dessas gravações. Após o ajuste de iluminação, foco e centralização do relógio, iniciou-se o processo de

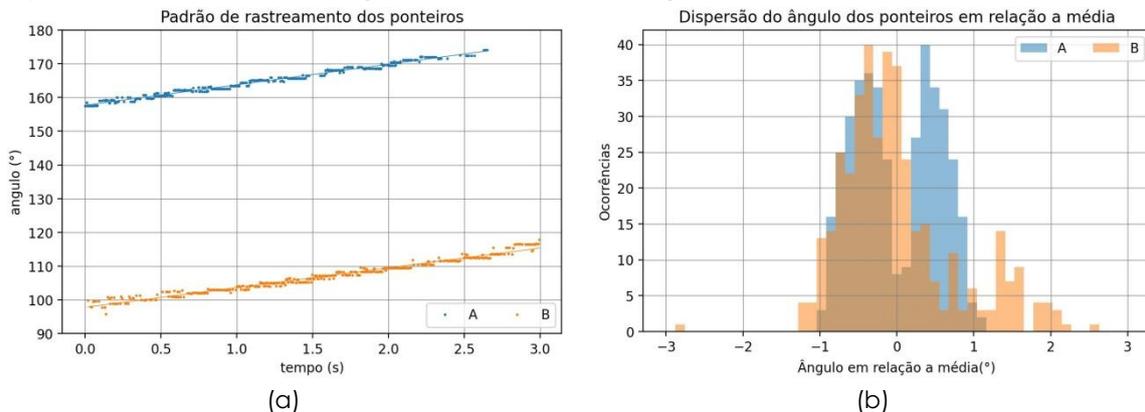
¹ Disponível em: <<https://newsroom-rolex-com.translate.goog/watches/oyster-collection/datejust? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt& x tr pto=tc>> , acessado em 1º mar. 2025.

rastreamento. Na etapa de pré-processamento, para cada quadro da imagem, foram aplicadas as seguintes transformações: conversão para escala de cinza, aplicação de um filtro Gaussiano para redução de ruídos e detecção de bordas por meio do filtro de Canny.

Na sequência, tornou-se necessário detectar dois elementos principais: o centro do relógio e o ponteiro dos segundos. A Transformada de Hough foi utilizada para identificar o mostrador do relógio e as diferentes linhas presentes na imagem. Foram aplicadas restrições de tamanho e posição para facilitar a identificação tanto do centro do relógio quanto do ponteiro. Após a identificação do ponteiro dos segundos, seu ângulo foi calculado no sentido horário. O processamento foi realizado em um intervalo de ± 3 segundos, correspondente a uma região entre dois marcadores de minuto, em que há maior contraste entre o ponteiro e o mostrador.

A Figura 4 apresenta os resultados do processamento digital de imagens. Na Figura 4a, observa-se a evolução do movimento do ponteiro ao longo do tempo. Para o relógio "A", a medição foi realizada entre 150° e 180° , enquanto, para o relógio "B", a medição ocorreu entre 90° e 120° . Na Figura 4b, é possível observar a distribuição dos resíduos da medição, ou seja, o desvio em torno da linha de tendência.

Figura 4 – Resultado do rastreamento do ponteiro dos segundos. À esquerda, evolução temporal do ponteiro e, à direita, distribuição dos resíduos da medição.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ressalta-se que não foi possível medir diretamente a cadência do relógio em 8 passos por segundo. Esse fato indica que a medição por rastreamento apresenta uma imprecisão intrínseca nos valores pontuais. No entanto, como a medição foi realizada em pelo menos 500 pontos, pela Lei dos Grandes Números, foi possível estimar o erro acumulado a partir do coeficiente angular.

Para o relógio "A", obteve-se um coeficiente angular de $6,008^\circ/s$, enquanto, para o relógio "B", o valor foi de $5,85^\circ/s$. Esses valores indicam que o relógio "A" apresentou uma imprecisão inferior, na ordem de 10^{-3} , enquanto o relógio "B" apresentou uma imprecisão na ordem de 10^{-1} . Para fins comparativos, um erro de ± 2 segundos por dia resultariam em um desvio da ordem de 10^{-5} , ou seja, 100 vezes menor que o do relógio "A" e 10 mil vezes menor que o do relógio "B". A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas dos valores dos resíduos da medição (flutuação da medida em torno da média).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas dos resíduos de medida de ângulo dos ponteiros dos segundos nos relógios "A" e "B".

Relógio	1º quartil (°)	Mediana (°)	3º quartil (°)	Média (°)	Desvio padrão (°)	Assimetria (°)
A	-0,45	-0,10	0,47	0,00	0,53	0,05
B	-0,50	-0,14	0,29	0,00	0,76	0,87

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar a dispersão em torno da média, apresentada na Figura 4b, três pontos sobressaem-se nos dados do relógio "A": (i) a bimodalidade, (ii) o intervalo de $\pm 1^\circ$ e (iii) a simetria. A presença de bimodalidade sugere que ainda há informações que não foram capturadas pelo modelo de regressão. Por outro lado, a simetria e o intervalo de $\pm 1^\circ$ refletem a precisão do movimento.

No caso do relógio "B", a distribuição dos resíduos apresentou assimetria à direita e uma dispersão (desvio padrão) superior à do relógio "A", embora o intervalo interquartil tenha sido menor. As distribuições dos resíduos são estatisticamente distintas, com valor- $p < 10^{-5}$ no teste de Kolmogorov-Smirnov. As variâncias também diferem significativamente, com valor- $p = 0,009$ no teste de Levene. No entanto, as médias não apresentaram diferença estatisticamente significativa, com valor- $p = 0,99$ e intervalo de confiança de $\pm 0,09$ no teste- t para diferença entre médias.

É importante ressaltar que, do ponto de vista formal, o método de rastreamento do ponteiro ainda apresenta muita imprecisão. Uma técnica que pode ser implementada para melhorar essa questão e suavizar o movimento é o filtro de Kalman, que prevê a posição do ponteiro com base no movimento anterior e a corrige com base na detecção atual, podendo reduzir as oscilações e ruídos.

3.5 Aplicação da logomarca

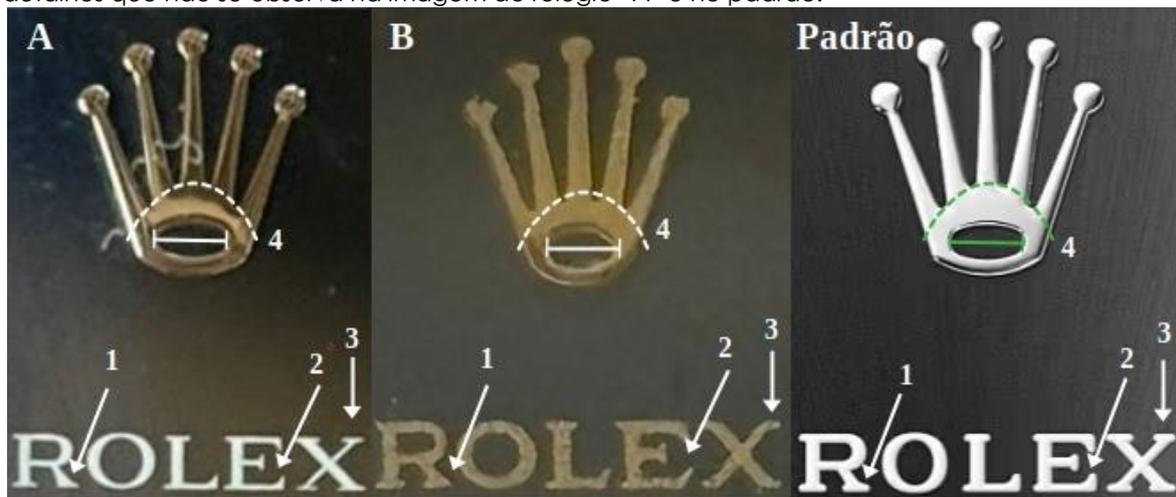
A replicação de uma logomarca ou de um padrão gráfico da Rolex em seus produtos é um processo que visa garantir a identidade visual e a consistência da marca. Como se trata de um produto de luxo, pressupõe-se que as técnicas de produção e replicação dos padrões gráficos utilizam processos de alta precisão.

Na Figura 5, constata-se que a aplicação da marca Rolex relativa à coroa possui uma altura na ordem de 5 mm, enquanto a inscrição "ROLEX" exibe uma largura na ordem de 8,5 mm, ou seja, trata-se de peças metálicas milimétricas que exigem alta precisão na fabricação.

Dessa forma, parte-se da premissa de que a aplicação da logomarca, nos produtos autênticos, ocorre por meio de processos rigorosos, como microusinagem, litografia, galvanoplastia ou moldagem por injeção de metal. Todos esses métodos possuem alta precisão e demandam custos iniciais elevados.

Com base nessas premissas, foram analisados os detalhes construtivos da aplicação da logomarca no mostrador dos relógios "A", à esquerda, "B", ao centro, e o padrão obtido no *site* do fabricante, conforme indicado na Figura 5.

Figura 5 – Comparação da qualidade de aplicação da logomarca da Rolex no mostrador entre relógio “A”, à esquerda, relógio “B”, ao centro, e padrão obtido no site do fabricante, à direita. Na imagem relativa ao relógio “B”, verifica-se várias imperfeições nas serifas das letras e nos detalhes da coroa, bem como a excentricidade da elipse e a curvatura irregular de sustentação dos arcos, detalhes que não se observa na imagem do relógio “A” e no padrão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na comparação das aplicações da logomarca, são notáveis as irregularidades das serifas presentes no lançamento “ROLEX” na porção inferior da imagem relativa ao relógio “B”, em especial nas letras “R”, “E” e “X”, indicadas respectivamente pelos números 1, 2 e 3.

Outro destaque está no desenho da coroa, indicado pelo número 4 da Figura 5. Observa-se a excentricidade da abertura elíptica com um valor de 0,90, no relógio “A” e no padrão, e de 0,82, no relógio “B”, exibindo uma diferença relativa de 9%.

Em relação à curvatura de sustentação dos arcos da coroa, na amostra “A” e no padrão, observa-se curvatura parabólica simétrica com coeficiente quadrático de $-11,16 \text{ mm}^{-2}$ e raízes em $\pm 1,3 \text{ mm}$, enquanto, na amostra “B”, o coeficiente quadrático é de -13 mm^{-2} e raízes em $\pm 1,5 \text{ mm}$. As diferenças relativas entre estes parâmetros são de, respectivamente, 14% e 13%, para o coeficiente quadrático e para a posição das raízes.

Esse resultado indica a presença de uma divergência em relação à aplicação da marca. Por outro lado, a ausência de uma amostra significativa sobre o processo de fabricação das micropeças e do método de aplicação impede uma inferência mais precisa em relação a essa divergência.

4 DISCUSSÃO

É importante destacar que o presente relato de caso é um estudo limitado, uma vez que avalia apenas duas unidades de relógios Rolex. Devido a

essa restrição, o conjunto de características analisadas pode estar sujeito a vieses, e alguns aspectos necessitam de estudos adicionais.

Além disso, faz-se necessário esclarecer a escolha das características examinadas das peças. Neste estudo, foram incluídas: (i) a análise da superfície externa dos relógios por meio da Fluorescência por Raios-X (XRF); (ii) uma análise indireta do mecanismo interno, baseada na medição do movimento do ponteiro de segundos; e (iii) uma análise construtiva de um elemento interno (protegido, mas visível), que corresponde à aplicação da marca.

O exame do espectro de composição elementar por meio do XRF demonstrou-se extremamente robusto, pois permitiu a comparação direta entre as características dos materiais divulgadas pela Rolex e aquelas efetivamente medidas nas unidades amostrais. Além disso, essa técnica revelou-se não invasiva, não destrutiva e rápida. No entanto, a análise por XRF se restringe às camadas superficiais do material e varia de alguns micrômetros até cerca de 1 milímetro. Essa limitação pode ocultar modificações, como a inserção de um mecanismo interno não original em uma carcaça autêntica (Craddock, 2009).

As análises do mecanismo interno e da aplicação da logomarca, embora apresentem menor precisão, atuam como elementos complementares, auxiliando na verificação de possíveis tentativas de imitação ou adulteração. Em relação ao estudo indireto do mecanismo por meio do rastreamento do ponteiro de segundos, apesar da existência de dados divulgados pela Rolex, o método de medição ainda requer refinamento e calibração para maior precisão.

No que diz respeito à aplicação da marca, embora tenha sido realizada uma quantificação das medidas geométricas dos elementos, o método ainda necessita de uma fundamentação estatística mais robusta. Entre os fatores que dificultam uma análise mais precisa, destaca-se a forma de registro da logomarca, que é capturada por meio de fotografias sobre o vidro do relógio, o que pode resultar em distorções e reflexos indesejados. Além disso, o sigilo industrial que envolve o processo de fabricação dessas micropeças também representa um desafio significativo. Apesar do conhecimento das tecnologias de fabricação de micropeças, a impossibilidade de determinar com exatidão o método empregado na fabricação dificulta a identificação de padrões de qualidade e defeitos que possam estar associados ao processo produtivo. Os resultados reforçam a necessidade da construção de evidências mais sólidas, baseadas em bancos de dados significativos, conforme discutido por Saks e Koehler (2008).

Em relação ao teste de hipótese, ao aplicar o critério de autenticidade e considerando as convergências e divergências observadas, é possível rejeitar a hipótese de autenticidade da amostra "B", com base, principalmente, nas discrepâncias identificadas na análise por XRF. Por outro lado, não há evidências suficientes para rejeitar a referida hipótese de autenticidade da amostra "A".

Por fim, destaca-se um ponto de fragilidade do teste de hipótese adotado. Ao se postular que um objeto autêntico apresenta o conjunto de características $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, no qual os elementos $a_i \in A$ são variáveis aleatórias, torna-se necessário conhecer a função de densidade de probabilidade de cada variável a_i para inferir corretamente se uma variável

medida $x_i \subset a_i$ pertence ao conjunto esperado. Devido a essa limitação, e com base no princípio da parcimônia, a formulação da hipótese nula como sendo a de autenticidade apresenta maior compatibilidade com o princípio do ônus da prova.

5 CONCLUSÃO

Em relação à questão principal deste relato de caso – se existem características mensuráveis em um Rolex que possam ser comparadas com suas especificações e, conseqüentemente, permitam inferir sobre sua autenticidade –, os resultados do estudo demonstraram que sim.

Entre essas características, o principal achado foi a composição elementar externa dos relógios, analisada por meio da Fluorescência por Raios-X (XRF). Os resultados do teste qui-quadrado mostraram que os relógios “A” e “B” divergiram entre si em relação à composição elementar da caixa, da pulseira e da luneta, sendo que apenas a amostra “A” estava de acordo com as especificações técnicas da Rolex.

Além disso, o estudo demonstrou, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov ($\text{valor-}p < 10^{-5}$), que as distribuições dos resíduos do movimento do ponteiro de segundos das duas amostras foram significativamente diferentes. Essa é uma condição necessária, mas não suficiente, para concluir que os mecanismos sejam distintos.

A análise da aplicação da logomarca também revelou divergências nos detalhes das micropeças, indicando uma diferença relativa entre os relógios “A” e “B”, entre 9% e 14%, no desenho da coroa presente na logomarca.

Em relação à formulação de um protocolo para o teste de autenticidade, sugere-se que a inferência seja baseada tanto em características internas quanto externas, sempre tomando como referência as informações divulgadas pelo fabricante. Conforme discutido anteriormente, as principais limitações do estudo foram a disponibilidade restrita de informações fornecidas pela Rolex e o número reduzido de unidades amostrais analisadas.

Como continuidade do trabalho, recomenda-se:

1. O aprimoramento da técnica de rastreamento do ponteiro por processamento digital de imagem, por meio da aplicação de filtros de Kalman, a fim de melhorar a precisão na inferência da posição do ponteiro de segundos;
2. O aumento do número de unidades amostrais, visando à construção de um banco de dados robusto para auxiliar em futuros exames de autenticidade de relógios Rolex.

REFERÊNCIAS

AGRESTI, Alan; FINLAY, Barbara. **Métodos estatísticos para as ciências sociais**. Penso Editora, 2012.

ANDRADE, Ana Sofia Machado. **O impacto da contrafação nas marcas de luxo**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidades Lusiada (Portugal).

ATHWAL, Navdeep; HARRIS, Lloyd C. Examining how brand authenticity is established and maintained: the case of the reverso. **Journal of Marketing Management**, v. 34, n. 3-4, p. 347-369, 2018.

BECKHOFF, Burkhard; KANNGIEßER, habil. Birgit; LANGHOFF, Norbert; WEDEL, Reiner; WOLFF, Helmut. (Ed.). **Handbook of practical X-ray fluorescence analysis**. Springer Science & Business Media, 2007.

CRADDOCK, Paul. **Scientific investigation of copies, fakes and forgeries**. Routledge, 2009.

KYLÄMARKULA, Martin. **Luxury watches as an alternative investment—A qualitative study on how watch specialists see the luxury watch market in Finland**. Dissertação de Mestrado. Arcada University of Applied Sciences (Finlandia). 2023.

RIEFA, Christine. “To be or not to be an auctioneer?” some thoughts on the legal nature of online “eBay” auctions and the protection of consumers. **Journal of Consumer Policy**, v. 31, p. 167-194, 2008.

ROLEX. Rolex **Official Website**. Disponível em: <https://www.rolex.com/pt-br/>. Acesso em: 01 mar. 2025.

SAKS, Michael J.; KOEHLER, Jonathan J. The individualization fallacy in forensic science evidence. **Vand. L. Rev.**, v. 61, p. 199, 2008.

SJÖSTEDT, Gustav; MANNERFORD, Sara. **Tick-Tock: Time to invest?: A Study of the Investment Performance of Luxury Watches versus Traditional Assets**. Dissertação de Mestrado. Linköpings universitet (Suécia). 2023.