

PERÍCIA EM IMAGENS E DOCUMENTOS DIGITAIS: A IMPORTÂNCIA DA DOCUMENTOSCOPIA NO CENÁRIO TECNOLÓGICO CONTEMPORÂNEO

Gilberlândia Maria de Oliveira

RESUMO

A documentoscopia é uma disciplina essencial no campo da perícia forense, responsável pela análise e verificação da autenticidade de documentos físicos e digitais. Com o avanço das tecnologias e o aumento das fraudes documentais, a ciência documentoscópica tem incorporado novos métodos para garantir a integridade e confiabilidade de documentos em diversos contextos, como segurança pública, transações financeiras e processos jurídicos.

Este artigo apresenta uma revisão sobre a evolução histórica da documentoscopia, destacando suas principais técnicas tradicionais, como a análise de papel, as tintas, impressões e assinaturas, além das inovações tecnológicas aplicadas à área. Discutem-se os desafios contemporâneos impostos pela digitalização dos documentos e as soluções desenvolvidas, como o uso da inteligência artificial, as redes neurais artificiais (RNA) e as redes neurais convolucionais (CNN) para a detecção de fraudes e autenticação documental.

Além disso, o estudo aborda aplicações práticas da documentoscopia em investigações forenses e no combate a fraudes, explorando o impacto do uso de softwares especializados e metodologias avançadas na análise de documentos digitais. Por fim, são apresentadas perspectivas futuras para o campo, enfatizando a crescente integração de tecnologias, como Big Data e aprendizado de máquina para aprimorar a precisão e eficiência dos exames documentoscópicos.

Palavras-chave: Documentoscopia. Perícia Forense. Autenticação Documental. Inteligência Artificial. Redes Neurais.

ABSTRACT

Documentoscopy is an essential discipline in the field of forensics, responsible for analyzing and verifying the authenticity of physical and digital documents. With the advancement of technologies and the increase in document fraud, document science has incorporated new methods to guarantee the integrity and reliability of documents in various contexts, such as public security, financial transactions and legal processes. This article presents a review of the historical evolution of document copying, highlighting its main traditional techniques, such as paper analysis, inks, prints and signatures, in addition to the technological innovations applied to the area. The contemporary challenges posed by the digitization of documents and the solutions developed are discussed, such as the use of artificial intelligence, artificial neural networks (ANN) and convolutional neural networks (CNN) for fraud detection and document authentication. Furthermore, the study addresses practical applications of document copying in forensic investigations and combating fraud, exploring the impact of using specialized software and advanced methodologies in the analysis of digital documents. Finally, future perspectives for the field are presented, emphasizing the

increasing integration of technologies such as Big Data and machine learning to improve the accuracy and efficiency of document examinations.

Keywords: *Documentoscopy. Forensic Expertise. Documentary Authentication. Artificial intelligence. Neural Networks.*

INTRODUÇÃO

A análise e a validação de documentos têm sido práticas fundamentais ao longo da história das civilizações, desempenhando um papel essencial na prevenção de fraudes e na garantia de autenticidade desde a Antiguidade. Naquele período, registros comerciais e administrativos eram cuidadosamente examinados para assegurar sua confiabilidade. Durante a Idade Média, a utilização de selos e manuscritos em pergaminhos consolidou-se como estratégia central para conferir legitimidade aos documentos. Esses materiais eram analisados por especialistas que, embora desprovidos de tecnologias avançadas, empregavam técnicas rudimentares para identificar possíveis falsificações (CAMPOS, 2018). Nesse contexto, a confiança nos registros documentais era indispensável para a organização e o funcionamento das sociedades.

Com a invenção da imprensa, no século XV, a reprodução em larga escala de textos e documentos tornou-se possível, democratizando-se o acesso à informação. No entanto, tal avanço trouxe consigo um aumento na incidência de fraudes documentais, o que evidenciou a necessidade de métodos mais rigorosos de análise. Esse cenário favoreceu a consolidação da documentoscopia como ciência no final do século XIX, fundamentada em estudos que abrangiam desde a análise da caligrafia e da composição do papel até o exame detalhado de tintas. Esses métodos buscavam estabelecer padrões que permitissem a identificação de alterações e falsificações (MARTINS, 2020; DEL PICCHIA FILHO, 2005:37-39).

O século XX marcou uma etapa de grande progresso na área da análise documental. Com a popularização das máquinas de escrever e o desenvolvimento dos sistemas bancários, a documentoscopia passou a incorporar ferramentas ópticas e químicas mais avançadas, desempenhando um papel significativo na autenticação de documentos em contextos judiciais e comerciais (SILVA; ALMEIDA, 2021:47). Contudo, a verdadeira transformação ocorreu com a revolução digital, entre o final do século XX e o início do século XXI. A transição para documentos eletrônicos, assinaturas digitais e manipulações realizadas por *softwares* sofisticados impôs novos desafios à área, que passou a integrar tecnologias como inteligência artificial, análise de metadados e *blockchain* para enfrentar essas demandas (SANTOS; FERREIRA, 2023).

Nos dias atuais, a documentoscopia é indispensável em diversas áreas, incluindo a segurança pública, as investigações cibernéticas e a proteção de transações financeiras. Sua capacidade de adaptação às exigências do mundo digital destaca sua relevância contínua no combate a fraudes e na preservação da segurança jurídica (COSTA, 2022). A evolução dessa ciência reflete uma integração harmoniosa entre metodologias tradicionais e inovações tecnológicas, como as redes neurais artificiais e convolucionais, que prometem revolucionar as análises forenses de documentos no futuro (ALMEIDA, 2021; SARAIVA, 2020:8).

Partindo desses pressupostos, a problemática que instigou a pesquisa desenvolvida neste artigo estruturou-se com o seguinte questionamento: como a evolução da documentoscopia tem contribuído para garantir a autenticidade e

integridade de documentos físicos e digitais?

Para responder a essa indagação, a pesquisa teve como objetivo geral analisar a evolução histórica da documentoscopia, suas principais técnicas tradicionais e as inovações tecnológicas aplicadas à autenticação documental e detecção de fraudes. Como objetivos específicos, procurou-se revisar a evolução histórica da documentoscopia e suas principais técnicas tradicionais, examinar os desafios contemporâneos impostos pela digitalização dos documentos e as soluções tecnológicas desenvolvidas para autenticá-los, discutir a aplicação de inteligência artificial, de redes neurais artificiais (RNA) e de redes neurais convolucionais (CNN) na detecção de fraudes documentais, identificar possíveis aplicações práticas da documentoscopia em investigações forenses e no combate a fraudes e apresentar perspectivas futuras para a área em relação à melhoria da precisão e eficiência dos exames documentoscópicos.

A pesquisa ora proposta está ancorada na abordagem qualitativa, a qual, segundo Bogdan e Biklen (1994:16), busca “investigar os fenômenos em toda sua complexidade e em contexto natural”. Conforme Minayo (2001) descreve, a pesquisa qualitativa dedica-se à exploração do universo de significados, de motivações, de aspirações, de crenças, de valores e de atitudes. Isso implica em adentrar as camadas mais profundas das relações, dos processos e dos fenômenos, que não podem ser simplesmente reduzidos à quantificação de variáveis.

Quanto à natureza, foi desenvolvida uma pesquisa básica, considerando-se que o seu objetivo é gerar conhecimentos úteis para o avanço da ciência, porém sem uma aplicação prática imediata (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois, conforme Gil, citado por Gerhardt e Silveira (idem), é a pesquisa que objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a torná-lo mais explícito. Quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica. Para Fonseca (2002:32), a pesquisa bibliográfica:

[...] é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta.

Dentre os resultados alcançados, podemos destacar o mapeamento da evolução histórica da documentoscopia, por meio do qual foi possível identificar suas principais fases e avanços, desde os primórdios até as técnicas mais modernas. Foi possível compreender os limites e desafios impostos pela digitalização de documentos e as soluções tecnológicas desenvolvidas para garantir sua autenticidade. O estudo da efetividade das tecnologias avançadas, como inteligência artificial e redes neurais, possibilitou que identificássemos os métodos tradicionais e os tecnológicos na detecção de fraudes documentais. Finalmente, a investigação sobre a aplicabilidade da documentoscopia em investigações forenses esclareceu que o uso de softwares especializados é essencial para uma perícia documental precisa.

1. Contextualização

1.1. Evolução Histórica e a Relevância Atual da Documentoscopia

A análise e a validação de documentos acompanham a evolução das sociedades humanas desde tempos remotos. Desde a Antiguidade, a necessidade de registrar transações comerciais, administrativas e legais impulsionou o desenvolvimento de métodos para garantir a autenticidade dos registros. Durante esse período, materiais como argila, papiro e pergaminho eram utilizados como suporte para documentos, enquanto técnicas como selos oficiais e marcas distintivas asseguravam sua autenticidade (CAMPOS, 2018:1).

Na Idade Média, a autenticação documental tornou-se mais sofisticada, com o uso de selos de cera, de manuscritos e de assinaturas exclusivas. A verificação era realizada por especialistas, empregando métodos que, embora rudimentares, atendiam às demandas da época. Esse controle era essencial em sociedades feudais, em que a confiabilidade de contratos de posse de terra, de direitos e de impostos era crucial. Segundo Campos (2018:1), “nessa época, o papel do documento ultrapassava o registro; ele era a base para a organização e o controle social”.

Com a invenção da imprensa, por Johannes Gutenberg, no século XV, o acesso à informação foi democratizado, mas também surgiram novos desafios relacionados à falsificação. A reprodução em larga escala demandou a criação de métodos mais rigorosos para autenticar documentos. Nos séculos XVII e XVIII, começaram a ser amplamente utilizados procedimentos estruturados, como a análise de caligrafia, papel e tinta, em resposta ao aumento das fraudes documentais (MARTINS, 2020:2). A formalização da documentoscopia como ciência ocorreu no final do século XIX, impulsionada pelos avanços das ciências naturais e pelas necessidades crescentes do sistema judicial. Técnicas de análise química, física e caligráfica passaram a ser utilizadas na investigação de documentos, consolidando a documentoscopia como ferramenta indispensável em casos jurídicos. Del Picchia Filho (2005:37-39) salienta que “a documentoscopia começou a ganhar reconhecimento como ciência forense ao oferecer meios técnicos para identificar fraudes com um grau de precisão inédito até então”.

No século XX, a introdução das máquinas de escrever e a expansão dos sistemas bancários internacionais trouxeram novos desafios. A análise documentoscópica incorporou elementos mecânicos, permitindo identificar irregularidades, como adulterações de impressão e falhas específicas nos equipamentos utilizados. Silva e Almeida (2021:2) observam que “esse período marcou a consolidação da documentoscopia como um pilar de suporte ao sistema judicial e administrativo, especialmente em casos relacionados a fraudes financeiras e crimes de colarinho branco”.

1.2. A Revolução Digital e os Desafios Contemporâneos

O advento da era digital, no final do século XX e início do século XXI, trouxe transformações profundas para o campo da documentoscopia. A migração de documentos físicos para formatos eletrônicos introduziu desafios inéditos, como a manipulação de imagens digitais, a falsificação de assinaturas eletrônicas e a adulteração de certificados digitais. Cunha et al. (2024:4-6) apontam que “o advento das tecnologias digitais não apenas expandiu as possibilidades de fraudes, mas

também exigiu que a ciência documentoscópica incorporasse ferramentas tecnológicas avançadas para manter sua relevância”.

Entre essas ferramentas, destacam-se a inteligência artificial, a análise de metadados e o uso do blockchain, que têm revolucionado a análise de documentos. Essas tecnologias permitem rastrear a origem de documentos, detectar manipulações em nível microscópico e estabelecer padrões robustos de autenticidade. Conforme Santos e Ferreira (2023:3), “essas tecnologias representam uma nova era para a documentoscopia, permitindo rastrear a origem dos documentos, identificar manipulações em nível microscópico e estabelecer padrões de autenticidade mais robustos”.

1.3. A Relevância Atual da Documentoscopia

Atualmente, a documentoscopia forense desempenha um papel estratégico na proteção da autenticidade e integridade de documentos em um mundo globalizado e digitalizado. Sua aplicação abrange não apenas o contexto jurídico, mas, também, áreas como segurança pública, investigações cibernéticas e proteção de transações comerciais. De acordo com Costa (2022:3), “sua capacidade de adaptação às inovações tecnológicas reflete sua importância estratégica para a proteção de informações e documentos em um mundo interconectado”.

Avanços recentes, como o uso de redes neurais artificiais (RNA) e redes neurais convolucionais (CNN), têm permitido análises mais precisas de documentos e assinaturas digitais. Almeida (2022:32) destaca que “essas tecnologias não apenas melhoram a eficiência das investigações, mas também estabelecem novos paradigmas para a detecção de fraudes documentais”.

2. Fundamentos da Documentoscopia

Para uma abordagem mais didática dos fundamentos da documentoscopia, este tópico será dividido em dois aspectos principais: a definição e a importância da área e as principais técnicas tradicionais utilizadas.

2.1. Definição e importância

De acordo com o “Tratado de Documentoscopia, da falsidade documental”, de José Picchia, a documentoscopia é uma área da ciência forense voltada para o estudo de documentos com o objetivo de verificar sua autenticidade, de identificar possíveis adulterações e de determinar sua autoria ou origem. Essa disciplina emprega técnicas científicas e análises detalhadas para examinar elementos como tinta, papel, impressões, assinaturas e marcas, contribuindo, de forma decisiva, para a validação de documentos em contextos legais. (DEL PICCHIA FILHO, 2005:37-39)

As funções da documentoscopia são amplas, mas duas se destacam como pilares fundamentais, segundo a maioria das literaturas. A primeira é a determinação da autenticidade de documentos, o que envolve verificar se um documento é legítimo ou se apresenta elementos fraudulentos, como falsificações ou adulterações. A segunda função é a identificação de adulterações, que abrange a análise de modificações realizadas em documentos, incluindo rasuras, alterações de texto, adições ou remoções de informações.

Diante dessas funções, a documentoscopia tornou-se relevante em processos

judiciais e administrativos, devido à crescente necessidade de comprovar a autenticidade e integridade de documentos em um contexto em que fraudes e adulterações são cada vez mais sofisticadas. Em disputas legais, documentos como contratos, testamentos, certidões e cheques frequentemente são contestados, e a documentoscopia fornece análises técnicas essenciais para determinar sua validade. No âmbito administrativo, essa área é crucial para prevenir e combater crimes, como falsificação de documentos públicos, identidades falsas e fraudes financeiras. (KOPPENHAVER, 2007:47)

Além disso, o avanço das tecnologias de falsificação, como impressão digital de alta qualidade e adulterações química, aumentou a demanda por métodos científicos capazes de identificar alterações em documentos, o que elevou a importância da documentoscopia como ferramenta forense. (CUNHA, 2024:4-6)

2.2. Técnicas e metodologias tradicionais da documentoscopia

Tanto na obra "Tratado de Documentoscopia: Da Falsidade Documental" quanto no sítio eletrônico *Ciências Forenses*, no tópico dedicado à Documentoscopia Forense, são destacados quatro elementos principais analisados na documentoscopia para verificar a autenticidade de documentos e identificar possíveis fraudes. A tabela abaixo apresenta e resume esses elementos:

Elemento Documentoscopia	Definição
Análise de Papéis	O exame de papéis considera características físicas e químicas, como gramatura, textura, cor, opacidade, filigranas (marcas d'água) e composição química. Essas propriedades permitem determinar a procedência do papel, identificar inconsistências e detectar possíveis substituições ou adulterações.
Análise de Tintas	A análise de tintas envolve identificar o tipo de material utilizado, como tintas à base de solvente, de gel ou de pigmento. Técnicas como cromatografia e espectrofotometria são usadas para comparar tintas em diferentes partes de um documento, determinando se foram aplicadas no mesmo período ou se há indícios de alterações.
Análise de Impressões	A avaliação de impressões analisa o método utilizado para criar o documento, como impressão a laser, jato de tinta ou offset. O exame pode revelar características únicas do equipamento utilizado (como falhas em cartuchos de tinta ou padrões de impressão específicos) e inconsistências na origem do documento.

<p>Análise de Assinaturas</p>	<p>A análise de assinaturas foca na autenticidade de grafismos. Técnicas como comparação de características morfológicas, pressão, fluidez, alinhamento e proporção são empregadas para diferenciar assinaturas genuínas de falsificadas. Recursos digitais, como microscopia eletrônica, podem complementar a avaliação.</p>
--------------------------------------	---

Tabela 1 – Elementos principais para verificar a autenticidade de documentos
Fonte: José Del Picchia Filho (2005)

Essas análises têm o objetivo de detectar fraudes documentais, de rastrear a origem de elementos constituintes e de fornecer evidências técnicas que possam ser utilizadas em contextos judiciais e administrativos.

Em relação à metodologia, foi elaborado um fluxograma com base na tese de doutorado de Narumi Pereira Lima (2013:41-48) e no artigo de Ricardo Andrian Capozzi (2024:9). O fluxograma apresenta as etapas do processo de análise documentoscópica, iniciando pela Coleta e Preservação do Documento e finalizando com o Relatório Final, abrangendo as fases intermediárias, como Análise Física, Análise Química e Espectroscopia. Essa representação visual organiza de forma sequencial as atividades realizadas ao longo da investigação documental, facilitando o entendimento e aplicação da metodologia.

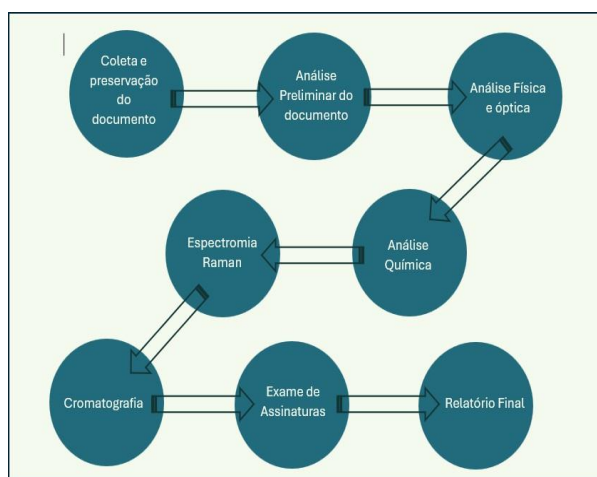


Figura 1 – Fluxograma de Análise Documentoscópica
Fonte: Dados produzidos pelo autor (2024)

Não diferente da metodologia apresentada no fluxograma acima, a forense computacional compreende uma metodologia de identificação, de conservação e de análise da informação, seja ela armazenada, transmitida ou produzida por um sistema computacional. Um de seus principais objetivos é realizar investigações de forma organizada e estruturada, com padrões e metodologias que auxiliem no processo para descobrir detalhes específicos dos crimes, apresentando resultados que possam ajudar também no processo criminal em si. Devido a isso, ressalta-se o dever de examinar cada fragmento dos dados disponíveis, para que a intenção do invasor de esconder ou criar falsas provas seja descoberta (FARMER, 2007:49).

É importante destacar as particularidades associadas à etapa de análise da informação, mais precisamente ao exame de assinaturas digitais, uma evolução significativa em relação às assinaturas manuscritas. A assinatura, seja física ou digital, é amplamente utilizada como a principal maneira de formalizar consentimentos ou reconhecimentos em transações públicas e privadas, em acordos, em notificações, em recibos e em outros documentos (PARODI, 2018:79).

No contexto digital, as assinaturas ganharam relevância com o uso de certificações eletrônicas e ferramentas criptográficas, que asseguram a autenticidade, a integridade e o não repúdio de documentos eletrônicos. Esse avanço é crucial em um ambiente cada vez mais digitalizado, contribuindo para a segurança jurídica e a prevenção de fraudes. Além disso, a adoção de softwares avançados permite análises técnicas mais detalhadas para validar assinaturas digitais, elevando-se o nível de confiança em processos judiciais e administrativos (QUEIROZ, 2010:47).

Dessa forma, a análise de assinatura digital é um processo inovador, ainda pouco explorado na literatura científica, mas que apresenta um grande potencial transformador. Ele evidencia a possibilidade de integrar o estudo da grafoscopia às tecnologias modernas, reforçando o papel dos softwares especializados para a investigação e a justiça. Essa abordagem não apenas enriquece o campo de estudo, mas, também, contribui para consolidar os conhecimentos e as habilidades adquiridos sobre o tema. Como resultado, oferece uma aplicação prática mais robusta e qualitativamente superior, ampliando as possibilidades de utilização em cenários forenses. (BERTOLINI, 2017:1)

Queiroz e Sampaio (2013), percebem que

As técnicas instrumentais acompanhadas de recursos de softwares, como a espectroscopia e microscopia, vêm sendo utilizadas por muito tempo em várias áreas, no exame de diversos tipos de materiais, como, biologia, geologia, química, física, dentre outras. No entanto, a aplicabilidade destas técnicas na área forense, principalmente no Brasil, é relativamente recente. Particularmente, na documentoscopia estas técnicas vêm ganhando campo, tanto na verificação da adulteração documental, em lavagens químicas e acréscimos, quanto na grafoscopia, na revelação da escrita sulcada para análise de assinaturas (QUEIROZ E SAMPAIO, 2013:02).

Atualmente, diversos softwares são amplamente utilizados em apoio à grafoscopia, especialmente no contexto digital, com muitos exemplos disponíveis globalmente, mas, ainda, com uma presença limitada no Brasil. Entre as ferramentas de destaque para análise e autenticação de assinaturas digitais, podemos citar: *DocuSign*, que oferece soluções robustas e legalmente reconhecidas; *Autentique*, voltada para o mercado brasileiro, garantindo conformidade local; *ClickSign*, conhecida por sua simplicidade e acessibilidade; *SignRequest*, ideal para pequenas empresas e freelancers; e *Adobe Acrobat Sign*, com funcionalidades avançadas integradas à suíte Adobe.

Ao longo de nossa experiência na perícia em documentoscopia, utilizamos a *DocuSign* e atualmente utilizamos o *Adobe Acrobat Sign*, que é amplamente adotado por diversas organizações. No que diz respeito à facilidade de uso, a *DocuSign* oferece uma interface mais intuitiva e acessível para iniciantes. Em termos de integrações, essa ferramenta se conecta a diversos aplicativos, como *Salesforce*, *Google Drive* e *Microsoft 365*. Por outro lado, o *Adobe Acrobat Sign* se destaca com integrações avançadas com produtos Adobe e com o *Microsoft 365*. Essa ferramenta oferece mais recursos para criação, edição e assinatura de PDFs dentro de um único ambiente. No entanto, a *DocuSign* se sobressai em conformidade com padrões globais, incluindo eIDAS, eSIGN e UETA.

Essas soluções são amplamente utilizadas em áreas como contratos corporativos, processos judiciais e administrativos. Nesse sentido, a escolha do software ideal depende das necessidades específicas, como volume de assinaturas, conformidade com leis locais e integração com outras ferramentas corporativas.

3. Inovações tecnológicas aplicadas à documentoscopia

Muitas inovações têm sido desenvolvidas na área de documentoscopia, proporcionando avanços significativos em diversas técnicas e ferramentas. Dentre elas, destacam-se melhorias na iluminação do campo, lupas montadas (binoculares e estereoscópicas), microscópios especializados, microscópios comparadores, equipamentos de ultravioleta, monocromatizadores, colorímetros, espectrógrafos, reagentes químicos e integração de computadores.

No entanto, estudos recentes sobre análise e falsificação de documentos têm se concentrado em duas tecnologias promissoras: Redes Neurais Artificiais (RNA) e Redes Neurais Convolucionais (CNN). Essas abordagens oferecem novas perspectivas para a detecção e análise de fraudes documentais, combinando inteligência artificial e processamento avançado de imagens.

Oliver Buchholz (2022) retrata que:

O aprendizado de máquina opera na interseção da estatística e da ciência da computação. Isto levanta a questão sobre a sua metodologia subjacente. Embora muita ênfase tenha sido colocada na estreita ligação entre o processo de aprendizagem a partir de dados e indução, o componente falsificacionista do aprendizado de máquina tem recebido pouca atenção. Em particular, o algoritmo que determina os pesos de uma rede neural artificial opera por minimização empírica de risco e rejeita regras de previsão que carecem de adequação empírica. Também exhibe um comportamento de regularização implícita que empurra escolha de hipóteses em direção a regras de previsão mais simples. Argumentamos que a combinação de ambos os aspectos dá origem a uma relato falsificacionista de redes neurais artificiais. (BUCHHOLZ, 2022:01)

A motivação para o desenvolvimento e o estudo na área de redes neurais artificiais está no reconhecimento de que o cérebro humano é capaz de processar informações de modo diferente de um computador tradicional, sendo esse órgão do corpo humano altamente complexo, não-linear e paralelo. A capacidade de organização dos seus elementos básicos constituintes permite-lhe processar muito mais rapidamente que o mais veloz computador digital existente, como verificado, por exemplo, no sentido da visão. Essa elevada capacidade é devido a sua grande estrutura e a sua habilidade de desenvolver suas próprias regras, por meio do que usualmente é chamado de “experiência”. (ALMEIDA, 2021:29)

Dessa forma, no campo da documentoscopia, a escolha de um tipo específico de Rede Neural Artificial (RNA) torna-se um aspecto fundamental para a solução de problemas, como a detecção de falsificações em documentos, especialmente no que se refere a figuras e assinaturas. Essa decisão estratégica pode otimizar a eficácia dos sistemas de análise e reforçar a precisão na identificação de irregularidades.

Conforme Juliano Rodrigues Almeida (2022:32), as Redes Neurais Artificiais (RNA) possuem propriedades importantes que podem ser aplicadas à documentoscopia, dentre as quais destaca-se a capacidade de resposta a evidências. O autor ressalta que, no contexto da classificação de padrões, uma rede neural não apenas categoriza uma entidade sob análise, mas também fornece o nível de confiança associado à decisão tomada. Esse recurso permite aprimorar o desempenho do sistema ao rejeitar padrões ambíguos, quando presentes, garantindo maior precisão e confiabilidade no processo de análise.

Em relação à CNN, podemos dizer que são semelhantes às redes neurais tradicionais, tendo em vista que ambas são compostas de neurônios que possuem pesos e vieses

que precisam ser treinados. Cada neurônio recebe algumas entradas, aplica o produto escalar de entradas e pesos, além de uma função não linear (SARAIVA, 2020:8). As CNNs constituem-se em um dos primeiros casos de sucesso de *deep learning*, ganhando bastante visibilidade, principalmente a partir dos concursos de classificação de imagens realizados a partir de 2011. (ALMEIDA, 2021:33)

Ainda conforme Juliano Rodrigues Almeida (2022:34), as CNNs são bastante utilizadas no processamento de informações visuais, em particular imagens, devido ao fato de a convolução permitir filtrar as imagens considerando sua estrutura bidimensional (espacial). De forma similar aos processos tradicionais de visão computacional, uma rede neural convolucional consegue aplicar filtros em dados visuais, mantendo a relação de vizinhança entre os *pixels* da imagem durante o processamento da rede.

Tecnicamente, em modelos CNN de aprendizado profundo para treinar e testar, cada imagem de entrada passará por uma série de camadas de convolução com filtros (Kernels), Pooling, camadas totalmente conectadas (FC) e aplicará a função Softmax para classificar um objeto com valores probabilísticos entre 0 e 1. A figura abaixo é um fluxo completo de CNN para processar uma imagem de entrada e classificar os objetos com base em valores. (RAGHAV, 2018:01)

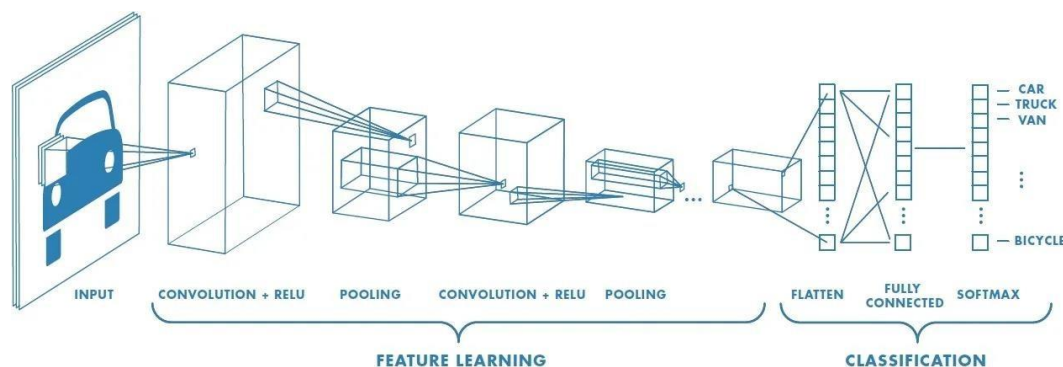


Figura 2 – Fluxo completo de CNN

Fonte: [Prabhu Raghav \(2018\)](#)

Em síntese, as Redes Neurais Artificiais (RNA) e Convolucionais (CNN) certamente irão desempenhar um papel crucial no avanço da documentoscopia, oferecendo soluções inovadoras para a análise e identificação de fraudes documentais. Sua capacidade de classificar padrões, de avaliar níveis de confiança e de processar grandes volumes de dados com precisão vai elevar significativamente a eficiência e a confiabilidade das investigações. Essas tecnologias não apenas fortalecem a detecção de falsificações em figuras e assinaturas, mas, também, deverão estabelecer novos paradigmas para a segurança e autenticidade documental, contribuindo para um campo mais robusto e tecnicamente avançado.

4. Aplicações práticas e casos de uso da documentoscopia

As aplicações da tecnologia na documentoscopia são vastas. No entanto, a maioria dos testes e usos está focada na comparação de assinaturas, de imagens e de textos. Por sua vez, a documentoscopia está atrelada ao uso de softwares especializados, possibilitando converter assinaturas manuscritas em representações digitais, analisando características como velocidade, direção do traço, ângulo e tempo de escrita. Além disso algoritmos de reconhecimento de padrões podem ser aplicados para identificar características distintivas e comparar com assinaturas

autênticas de referência, possibilitando uma análise mais objetiva e precisa. (ALVARES, 2021:45).

Além disso os softwares especializados ajudam na identificação da falsificação de documentos em processos de crédito e transações bancárias, na emissão de passaportes, identidades e outros documentos de segurança (BRUNI, 2013:124), na verificação de documentos oficiais que possibilitem indicar a autenticidade de documentos fiscais, de registros de identidade, de diplomas e de outros documentos governamentais e também na checagem de autenticidade de documentos como escrituras de imóveis, contratos de compra e venda e documentos de propriedade.

Embora a documentoscopia e suas tecnologias tenham diversas aplicações, uma delas tem se destacado especialmente na verificação de documentos eleitorais, desempenhando um papel crucial na manutenção da estabilidade democrática. Publicações como *National Treasure: The Call for e-Democracy and US Election Security*, de Adam Dorian Wong (2024), *Safeguarding Democracy: Increasing Election Integrity Through Enhanced Voter Verification*, de Kellie Weir (2018) e *How Can Cybersecurity Best Practices Protect Election Integrity in Advanced and Developing Democracies?*, de Osei Hyiamang (2022), destacam diretrizes sobre como a tecnologia pode ser utilizada para melhorar a segurança de eleições, incluindo a validação de documentos. Também abordam os desafios que surgem com a falsificação de documentos e como a documentoscopia pode ser uma solução eficaz. Tanto esses como outros artigos procuram abordar o crescente problema das fraudes eleitorais e o papel essencial que a tecnologia, particularmente a autenticação de documentos, desempenha na mitigação dessas fraudes. O foco está nas tecnologias forenses utilizadas para garantir a autenticidade de documentos eleitorais, como registros de votação, documentos de identidade e comprovantes de residência. Os estudos exploram diversas abordagens tecnológicas, como a verificação de características de segurança em documentos (marcas d'água, hologramas, microtextos), scanners de alta resolução e sistemas de análise digital para detectar falsificações. Ele também destaca a implementação de sistemas de autenticação biométrica e digital, que podem aumentar a precisão e a segurança na validação da identidade dos eleitores.

Além disso, os artigos analisam como a adoção dessas tecnologias pode reduzir as oportunidades de fraudes eleitorais, como o uso de documentos falsificados para manipular resultados ou permitir o voto de eleitores não qualificados. Por meio de exemplos práticos e estudos de caso, os artigos demonstram como a autenticação de documentos é crucial para preservar a integridade do processo eleitoral e fortalecer a confiança pública nas eleições.

Os artigos concluem com recomendações para a adoção de tecnologias avançadas em todo o processo eleitoral, sugerindo que governos e as autoridades eleitorais invistam em sistemas mais robustos de verificação de documentos para proteger as eleições contra fraudes e garantir a estabilidade democrática.

5. Perspectivas Futuras na documentoscopia

Em praticamente todas as pesquisas sobre o futuro da documentoscopia, é comum observar a crescente aplicação de tecnologias como *Big Data*, *machine learning*, redes neurais, algoritmos e *deep learning*.

No que diz respeito às técnicas de Big Data e algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo redes neurais, para detectar fraudes em transações financeiras, Maya Dhone e Nitya (2023:294) destacam como a análise de grandes volumes de dados pode identificar padrões fraudulentos em tempo real, aumentando a precisão na detecção de fraudes. O uso de algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência

artificial (IA) para identificar padrões incomuns que podem indicar atividades fraudulentas.

É possível destacar técnicas como clusterização, análise preditiva e detecção de anomalias que são discutidas como métodos eficazes para analisar grandes conjuntos de dados financeiros, extraíndo informações cruciais para prever e prevenir fraudes. Convém ressaltar que essa nova perspectiva vai requerer um processamento de dados em alta velocidade e a necessidade de sistemas robustos para garantir a precisão dos resultados.

Por sua vez, Oona Voican (2021:73) explora a aplicação de técnicas de *deep learning* e redes neurais convolucionais (CNN) na detecção de fraudes, utilizando grandes conjuntos de dados. O estudo evidencia como as redes neurais podem ser treinadas para identificar fraudes com alta precisão, mesmo quando lidam com dados financeiros complexos e em grandes volumes. Em resumo pode-se extrair que é a capacidade de aprender e adaptar-se a padrões complexos sem a necessidade de intervenção manual. As redes neurais são alimentadas com grandes conjuntos de dados históricos de transações financeiras, por exemplo, e através de várias camadas de processamento, são capazes de identificar atividades suspeitas e prever fraudes com uma precisão muito maior do que os métodos tradicionais.

Desta forma, a perspectiva futura para o campo da documentoscopia será a ideia de que o uso de Big Data, combinado com técnicas de análise inteligente e aprendizado de máquina, pode transformar os sistemas de detecção de fraudes, oferecendo uma solução mais ágil e precisa para identificar e prevenir fraudes financeiras em tempo real.

6. Conclusão

A documentoscopia desempenha um papel essencial na validação da autenticidade de documentos, sendo um campo em constante evolução devido aos desafios impostos pelo avanço tecnológico. Desde sua origem, essa disciplina passou por transformações significativas, incorporando novas metodologias e ferramentas para atender às demandas de um mundo cada vez mais digital.

A revolução digital trouxe consigo desafios complexos, como a falsificação de documentos eletrônicos e assinaturas digitais, exigindo a aplicação de técnicas avançadas, como inteligência artificial, análise de metadados e redes neurais. Essas inovações não apenas aprimoram a detecção de fraudes, mas também garantem maior precisão e confiabilidade na análise forense documental.

Além disso, a documentoscopia tem se mostrado essencial em diversas áreas, como segurança pública, transações financeiras e processos eleitorais, reforçando sua relevância na preservação da integridade documental e na manutenção da confiança institucional. O uso de softwares especializados e algoritmos de aprendizado de máquina tem sido cada vez mais incorporado à análise forense, demonstrando o potencial de integração entre a ciência documentoscópica e as novas tecnologias.

Para o futuro, a tendência é que o campo da documentoscopia continue a evoluir com o aprimoramento de técnicas baseadas em inteligência artificial e Big Data, possibilitando uma análise ainda mais sofisticada e eficiente. A adoção de tecnologias emergentes promete transformar a forma como documentos são verificados, aumentando a segurança e reduzindo o risco de fraudes. Dessa forma, a documentoscopia se reafirma como um pilar essencial para a proteção da

autenticidade documental em um mundo cada vez mais digitalizado.

7. Referências

ALMEIDA, Juliano Rodrigues de. **Transfer learning e convolutional neural networks para a classificação de imagens e reconhecimento de objetos no âmbito da perícia criminal**. 2021.

ALVARES, Larissa Tavares de Freitas. **Digitalização, autenticidade e preservação de documentos digitais**: análise do sistema informatizado do Museu da Justiça. 2021. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquivologia)-Instituto de Arte e Comunicação Social, Universidade Federal Fluminense, 2021.

BERTOLINI, Eleosiomar Antônio; CRIMINAL, Perícia. **O uso de software a favor da Grafoscopia**. 2017.

BODGAN, Robert C.; Biklen, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BRUNI, Aline Thaís (Org.).. **Documentoscopia: aspectos científicos, técnicos e jurídicos, de Erick Simões da Camara e Silva e Samuel Feuerharmel**. Campinas: Millennium Editora, 2013, 754 pp. Revista Brasileira de Ciências Policiais, v. 4, n. 2, p. 123-126, 2013.

BUCHHOLZ, Oliver; RAIDL, Eric. **A falsificationist account of artificial neural networks**. 2022.

CAMPOS, J. **História da documentoscopia**. 2018.

CAPOZZI, Ricardo Andrian et al. Aplicação da coleta e preservação de provas em ambientes digitais e formação da cadeia de custódia segundo ISO 27.037, a Lei 13.964 e PL 4939/2020. **PERÍCIA EM FOCO**, v. 1, n. 1, 2024.

COSTA, M. **Relevância da documentoscopia no contexto globalizado**. 2022.

CUNHA, Rafael Rodrigues et al. Transição, Crescimento e Compromisso com a Excelência Científica. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 13, n. 3, p. 4-6, 2024.

DEL PICCHIA FILHO, José; DEL PICCHIA, Celso Mauro Ribeiro; DEL PICCHIA, Ana Maura Gonçalves. **Tratado de Documentoscopia**: da falsidade documental. 2ª edição. Editora Pillares: 2006, pp. 400-401.

DE ANDRADE GOMES, Juliano et al. **Revista Brasileira de Criminalística**. (2011. Online). 2011.

DHONE, Maya B.; NITYA, E. BIG DATA ANALYTICS FOR FRAUD DETECTION IN FINANCIAL TRANSACTIONS. **Journal of Data Acquisition and Processing**, v. 38, n. 3, p. 290, 2023.

FARMER, Dan; VENEMA, Wietse. **Perícia forense computacional**: teoria e prática aplicada: como investigar e esclarecer ocorrências no mundo cibernético. Pearson

Prentice Hall, 2008.

GERHARDT, Tatiana Engel; TOLFO, Denise Silveira. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

HYIAMANG, Osei. **How Can Cybersecurity Best Practices Protect Election Integrity in Advanced and Developing Democracies?**. 2022. Tese de Doutorado. Marymount University.

KOPPENHAVER, Katherine M. **Forensic document examination: principles and practice**. Humana Press, 2007.

LIMA, Narumi Pereira. **Desenvolvimento das competências técnicas dos peritos documentoscópio da Polícia Federal**. 2013. Tese de Doutorado.

MARTINS, L. **Evolução da documentoscopia como ciência formal**. 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

PARODI, Lorenzo. **Falsificação de Documentos em Processos Eletrônicos: como detectar e comprovar através de documentoscopia em documentos digitais e outras técnicas**. Brasport, 2018.

QUEIROZ, Claudemir; VARGAS, Raffael. **Investigação e perícia forense computacional**. Brasport, 2010.

QUEIROZ E SAMPAIO. **Novas tecnologias aplicadas à análise documental**. (2013) <http://www.grafoexame.com.br/category/artigos/> . Pesquisado em 22/11/2024.

RAGHAV, Prabhu. **Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning**. 2018. <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>. Pesquisado em 30/11/2024.

SAHIB, Mo. How AI-based biometrics can guarantee e-signature security. **Biometric Technology Today**, v. 2022, n. 4, 2022.

SANTOS, A.; FERREIRA, R. “Aplicações de inteligência artificial em documentoscopia”. 2023

SARAIVA, Aratã Andrade et al. Classification of optical coherence tomography using convolutional neural networks. In: **Proceedings**. 2020.

SILVA, R.; ALMEIDA, T. **Documentoscopia: práticas e aplicações judiciais**. 2021.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2009.

VOICAN, Oona. Credit Card Fraud Detection using Deep Learning Techniques. **Informatica Economica**, v. 25, n. 1, 2021.

WEIR, Kellie. Safeguarding democracy: increasing election integrity through enhanced voter verification. **Homeland Security Affairs**, 2018.

WONG, Adam Dorian. National Treasure: The Call for e-Democracy and US Election Security. **arXiv preprint arXiv:2409.08952**, 2024.