

Rastreabilidade Automática de Evolução Normativa em Telecomunicações via Grafos de Conhecimento e Similaridade Semântica

Pedro Vitor Barros Maranhão¹, Wilson Araújo de Oliveira Neto¹,
Elloá B. Guedes¹, Edmar C. Gurjão²,
Gabriel Hideki Vatanabe Brunello³, Henrique Strazzer Vilas Boas³

¹Laboratório de Sistemas Inteligentes
Universidade do Estado do Amazonas
Av. Darcy Vargas, 1200 – Manaus - AM

²Universidade Federal de Campina Grande
R. Prígio Veloso, 882 – Campina Grande - PB

³Agência Nacional de Telecomunicações
Setor de Autarquias Sul, Quadra 6 – Brasília - DF
ecg@dee.ufcg.edu.br

Abstract. *This work presents a solution grounded in knowledge graphs and semantic similarity to enable traceability and compliance across successive regulations within Anatel's regulatory domain. The methodology encompasses the formalization of the graph topology and the employment of embeddings for measuring textual similarity between infringing provisions. For validation, a proof of concept was developed covering 762 resolutions and 667 normative updates, allowing for the automated identification of material equivalences in regulatory transition scenarios. The results demonstrate the effectiveness of the solution in linking administrative processes conducted under different legal regimes, ensuring the integrity of the normative lineage and adherence to the principle of tempus regit actum.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma solução fundamentada em grafos de conhecimento e similaridade semântica para viabilizar a rastreabilidade e a conformidade entre normas sucessivas no domínio regulatório da Anatel. A metodologia compreende a formalização da topologia do grafo e o emprego de embeddings para a mensuração da similaridade textual entre dispositivos infracionais. Para validação, elaborou-se uma prova de conceito abrangendo 762 resoluções e 667 atualizações normativas, permitindo a identificação automatizada de equivalências materiais em cenários de transição regulatória. Os resultados demonstram a eficácia da solução na vinculação de processos administrativos conduzidos sob diferentes regimes jurídicos, assegurando a integridade da linhagem normativa e o respeito ao princípio tempus regit actum.*

1. Introdução

No Direito, o princípio *Tempus Regit Actum* determina que a validade de um ato jurídico deve obedecer à lei vigente no momento de sua prática. Nos processos administrativos sancionadores, utilizados pela Administração Pública para apurar infrações de entes regulados, a aplicação desse princípio é fundamental para a Segurança Jurídica: ele assegura a previsibilidade da sanção e impõe a vedação à retroatividade *in pejus* [Osório 2025].

No âmbito da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), os processos sancionadores denominam-se Processos de Apuração de Descumprimento de Obrigações (PADOs). Estes instrumentos destinam-se à apuração de infrações às regras setoriais, visando assegurar a conformidade das prestadoras e a adequada prestação dos serviços [Brasil 1997]. Regidos pelo princípio *Tempus Regit Actum*, iniciam-se mediante auto de infração ou despacho, nos quais se delimitam as violações. Após a fase de instrução, garantidos o contraditório e a ampla defesa, caso confirmada a irregularidade, aplicam-se sanções administrativas como advertências, multas, obrigações de fazer ou determinação de ressarcimento aos usuários [Anatel 2025b].

O arcabouço regulatório da Anatel é extenso, composto por resoluções, normas e súmulas que regem as telecomunicações no País [Anatel 2026b]. Considerando a constante evolução tecnológica do setor e a oferta contínua de novos serviços, a atualização normativa torna-se imperativa. Esse movimento alinha-se às recomendações da União Internacional de Telecomunicações (ITU, do inglês *International Telecommunication Union*), garantindo a aderência do Brasil aos padrões globais [ITU 2026]. Nesse contexto, observando-se o princípio *tempus regit actum*, a detecção de padrões de reincidência de conduta irregular pelas prestadoras torna-se desafiadora: faz-se necessária uma solução capaz de compatibilizar temporalmente diferentes PADOs, verificando a equivalência material entre infrações fundamentadas em normas distintas.

Considerando o dinamismo das atualizações regulatórias no setor de telecomunicações, este trabalho propõe uma arquitetura baseada em grafos de conhecimento e similaridade semântica para viabilizar a rastreabilidade e a conformidade entre normas sucessivas. A modelagem visa assegurar a integridade da linhagem normativa em observância ao princípio *tempus regit actum*, mitigando ambiguidades na transição de regimes jurídicos. Além da formalização teórica da estrutura do grafo, apresenta-se uma prova de conceito aplicada ao arcabouço resolutivo da Anatel, demonstrando a eficácia do modelo na identificação de equivalências em PADOs preexistentes.

Espera-se que a adoção desta estrutura semântica viabilize a sistematização da equivalência material entre condutas, mitigando a fragmentação do histórico infracional dos agentes regulados. Tal contribuição visa não apenas conferir celeridade e rigor analítico ao processo fiscalizatório, mas também consolidar a segurança jurídica ao garantir que a dosimetria de reincidência reflita com precisão a sucessão normativa. Assim, a solução proposta atua como um mecanismo de suporte à decisão, integrando a conformidade regulatória à eficiência administrativa.

O presente artigo está estruturado em quatro seções. A Seção 2 estabelece a formalização do grafo de conhecimento, detalhando a ontologia de vértices e arestas, bem como a semântica das relações de equivalência. A Seção 3 apresenta a prova de conceito desenvolvida para validar a metodologia, consistindo na aplicação do modelo ao arcabouço regulatório da Anatel e na análise de similaridade em casos reais de reincidência. Por fim, a Seção 4 sintetiza as considerações finais e propõe direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Solução Proposta

Considerando o objetivo de compatibilizar normas e dispositivos distintos, mas equivalentes, para capturar a essência de seu conteúdo, a modelagem proposta visa habilitar

uma comparação não-trivial entre PADOs inclusive instruídos sob arcabouços normativos distintos, mas que versam sobre as mesmas infrações. Para tanto, levou-se em conta uma abordagem que integra modelagem por grafos, estruturas de dados especializadas e métodos de análise de similaridade semântica apoiados por IA.

A solução proposta no escopo deste trabalho consiste em um grafo direcionado heterogêneo $G = \langle V, E \rangle$ definido pela união de três conjuntos de vértices distintos $V = V_{ano} \cup V_{res} \cup V_{disp}$ cujas propriedades são detalhadas a seguir:

1. **Ano.** Representam a dimensão temporal do ordenamento, rotulados por um inteiro $t > 1997$ (ano de criação da Anatel). A cronologia é estabelecida por arestas direcionadas $(t_i, t_{i+1}) \in E$, definindo um caminho linear que conecta o ano de fundação da agência ao ano corrente;
2. **Resolução.** Representam os atos normativos e são rotuladas por números inteiros. Cada $r \in V_{res}$ está associada a um vértice $a \in V_{ano}$, correspondente ao ano em que a resolução foi publicada. Por exemplo, a Resolução Anatel Nº 767/2024 será denotada por um vértice r_{767} e existe a aresta (a_{2024}, r_{767}) . A precedência entre resoluções de um mesmo ano é modelada por adjacências direcionadas (r_n, r_{n+1}) , formando uma estrutura de lista encadeada que respeita a ordem cronológica de publicação. Por exemplo $\{r_{767}, r_{768}, r_{769}\} \subseteq V_{res}$ e $\{(r_{767}, r_{768}), (r_{768}, r_{769})\} \subseteq E$;
3. **Dispositivo.** Constituem as unidades atômicas do texto legal (artigos, parágrafos, incisos, alíneas ou itens). Estes vértices são organizados de forma sequencial por meio de arestas que preservam a topologia textual do documento original. Cada vértice do tipo dispositivo está ligado ao vértice resolução do qual ele faz parte. Por exemplo $(r_{767}, d_{Art.2^\circ-B-I}) \in E$.

A Figura 1 apresenta um exemplo minimalista do grafo G , compreendendo os vértices temporais de 2023 e 2024. Para fins de exemplificação, detalhou-se uma resolução do ano de 2024 e seus respectivos dispositivos estruturantes. Do ponto de vista topológico, a distinção entre as relações é feita pela morfologia das arestas: as conexões entre anos e resoluções são pontilhadas, enquanto o vínculo entre resoluções e seus dispositivos é tracejado. Por fim, as arestas que denotam a precedência sequencial entre vértices de mesma natureza (cronologia de anos, lista de resoluções ou fluxo textual) são representadas por linhas contínuas.

Além da estruturação hierárquica e cronológica, a modelagem contempla a relação de sucessão normativa. Define-se que, se uma resolução r_j sucede ou atualiza integralmente o conteúdo de uma norma anterior r_i , estabelece-se uma aresta direcionada $(r_i, r_j) \in E_{suc}$, tal que $E_{suc} \subseteq E$. Impõe-se a restrição temporal $\beta \geq \alpha$, em que $(a_\alpha, r_i) \in E$ e $(a_\beta, r_j) \in E$, garantindo que a resolução sucessora r_j não preceda cronologicamente a resolução sucedida r_i .

Dada uma aresta de sucessão $(r_i, r_j) \in E_{suc}$, a modelagem do grafo de conhecimento estende essa relação ao nível atômico dos documentos ao mapear a sucessão granular entre dispositivos normativos. Para tanto, para cada par (d_k, d_ℓ) tal que $(r_i, d_k) \in E$ e $(r_j, d_\ell) \in E$, computa-se a similaridade semântica, denotada por um valor $v \in [0, 1]$. Caso o valor obtido satisfaça a condição $v \geq \vartheta$, em que ϑ representa um limiar de aceitação, estabelece-se uma aresta direcionada $(d_k, d_\ell) \in E_{sd}$, com $E_{sd} \subseteq E$, ponderada pelo peso v . Considerando que há diferentes tipos de arestas no grafo de conhecimento

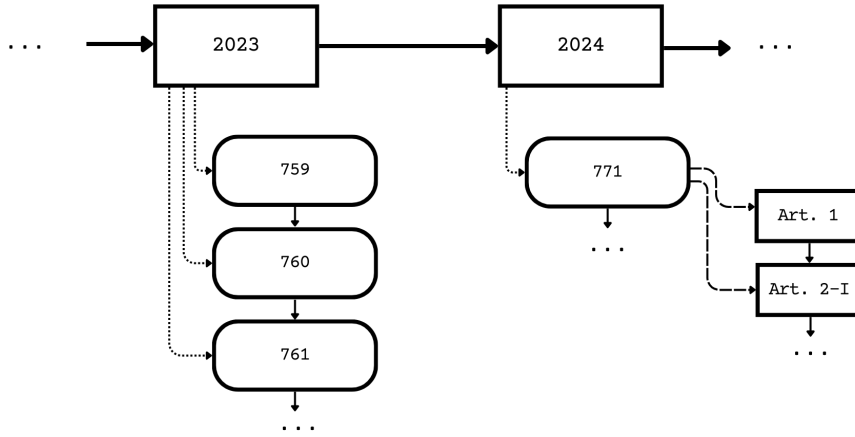


Figura 1. Exemplo ilustrativo do grafo proposto.

com semânticas distintas, a Figura 2 apresenta uma síntese ilustrativa das mesmas e dos seus significados.

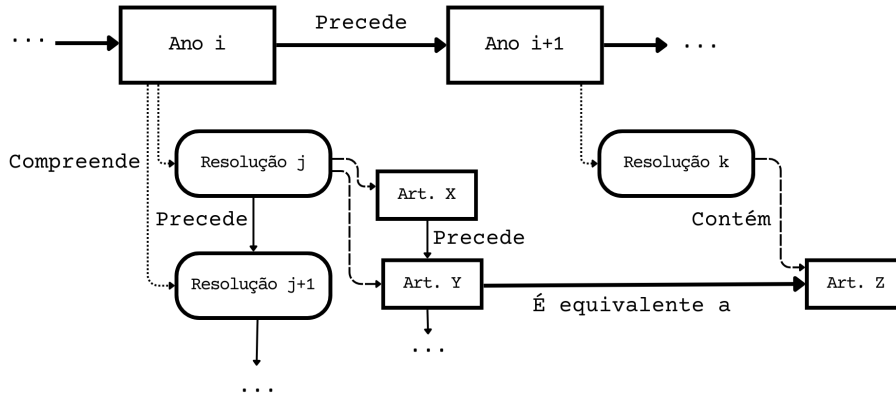


Figura 2. Semântica das arestas no grafo de conhecimento.

Para exemplificar um trecho ilustrativo do grafo de conhecimento mapeando sucessão normativa e equivalência semântica entre dispositivos, tem-se a Figura 3. A Resolução Anatel N° 759/2023 foi revogada pela Resolução Anatel N° 772/2025, o que é ilustrado pela aresta $(r_{759}, r_{772}) \in E_{suc}$, em que $(a_{2023}, r_{759}) \in E$ e $(a_{2025}, r_{772}) \in E$, respeitada a ressalva $2025 \geq 2023$. Ao examinar os dispositivos de ambas as resoluções, identificou-se que dois deles possuíam textos idênticos, conforme demonstrado na Tabela 1. Em decorrência, a aresta entre tais dispositivos no grafo possui peso $v = 1$.

2.1. Similaridade Semântica entre Dispositivos

Quantificar a similaridade semântica entre dois dispositivos representa um desafio de *Semantic Textual Similarity* (STS) que, no âmbito do Processamento de Linguagem Natural, busca mensurar o grau de equivalência de significado entre dois excertos de texto, independentemente de sobreposições léxicas superficiais [Chandrasekaran and Mago 2021].

Ao examinar os textos dos dispositivos, observou-se que há repetição integral do conteúdo frente a uma atualização normativa, como é o caso exemplificado na Tabela 1.

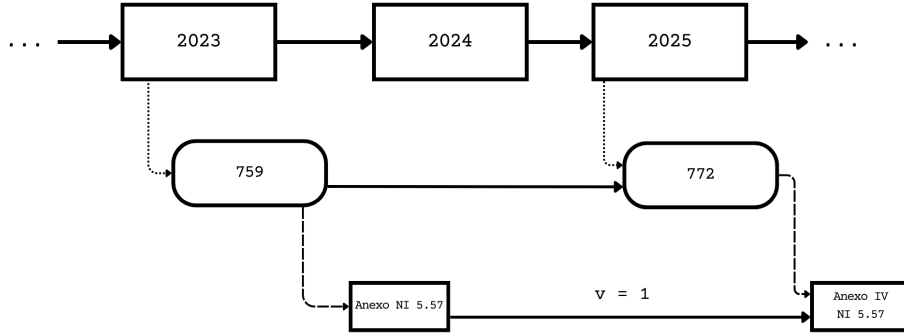


Figura 3. Exemplo de equivalência semântica entre dispositivos.

Tabela 1. Exemplo de igualdade literal e equivalência semântica total entre dispositivos.

Resolução nº 759/2023 (Anexo NI 5.57)	Resolução nº 772/2025 (Anexo IV NI 5.57)	Similaridade
O uso das faixas de frequências 14-19,95 kHz, 20,05-70 kHz e 70-90 kHz (72-84 kHz e 86-90 kHz na Região 1) pelo serviço móvel marítimo está restrito às estações costeiras radiotelegráficas (A1A e F1B somente). Excepcionalmente, é autorizado o uso das emissões de classe J2B ou J7B, sob a condição de que a largura de faixa necessária não exceda a largura que normalmente corresponde às emissões de classe A1A ou F1B nas faixas pertinentes.	O uso das faixas de frequências 14-19,95 kHz, 20,05-70 kHz e 70-90 kHz (72-84 kHz e 86-90 kHz na Região 1) pelo serviço móvel marítimo está restrito às estações costeiras radiotelegráficas (A1A e F1B somente). Excepcionalmente, é autorizado o uso das emissões de classe J2B ou J7B, sob a condição de que a largura de faixa necessária não exceda a largura que normalmente corresponde às emissões de classe A1A ou F1B nas faixas pertinentes.	100 %

Nessas situações, o protocolo consiste em criar a aresta entre os dispositivos com peso igual a 1. Nos demais casos, para cada dispositivo d_k tal que $(r_a, d_k) \in E$, em que $(r_a, r_b) \in E$, computa-se a similaridade semântica com todos os dispositivos $(r_b, d_\ell), \forall \ell$. Para tanto, os dispositivos $d \in V_{disp}$ devem ser mapeados em um espaço vetorial de alta dimensionalidade (*embedding*). A similaridade entre dois dispositivos é quantificada pela similaridade de cosseno, definida como:

$$\text{sim}(d_k, d_\ell) = \frac{\mathbf{v}_k \cdot \mathbf{v}_\ell}{\|\mathbf{v}_k\| \|\mathbf{v}_\ell\|} \quad (1)$$

em que $\mathbf{v}_k$ e $\mathbf{v}_\ell$ representam os vetores de características (tensores de saída do modelo) dos dispositivos d_k e d_ℓ , respectivamente. O uso desta métrica permite que a sucessão granular seja identificada independentemente de variações puramente sintáticas ou lexicais na redação das normas.

2.2. Análise de Similaridade entre PADOs

Visto que um PADO pode contemplar múltiplas infrações, a aferição de similaridade entre dois processos distintos deve considerar tanto a evolução normativa quanto o conjunto

de dispositivos violados. Para tanto, dados dois processos P_A e P_B , estabelece-se a ordem cronológica de emissão (assumindo, sem perda de generalidade, que P_A precede P_B). Para cada dispositivo d_i referenciado em P_A , verifica-se a existência de um caminho composto por arestas de sucessão granular em E_{sd} que o conecte a algum dispositivo d_j referenciado em P_B . A existência de tal caminho no grafo de conhecimento confirma a equivalência normativa entre as infrações descritas nos dois processos, independentemente do hiato temporal ou da mudança de redação legal entre eles.

Caso não se identifique equivalência entre as infrações de P_A e P_B , os processos são classificados com similaridade nula. Essa condição de dissimilaridade ocorre, tipicamente, quando os PADOs versam sobre domínios regulatórios distintos, como radiodifusão e serviço móvel pessoal. Inversamente, dois processos são considerados totalmente similares quando apresentam a mesma cardinalidade de infrações e existe uma correspondência biunívoca (*matching*) para todos os itens no grafo de evolução normativa. Configurações que não se enquadram nesses extremos são classificadas como similaridade parcial, indicando uma convergência apenas em um subconjunto das infrações analisadas.

Para quantificar a similaridade entre os processos, utiliza-se o índice de Jaccard [Jaccard 1912], uma métrica que mensura a semelhança entre conjuntos por meio da razão entre a cardinalidade da interseção e a cardinalidade da união dos elementos. Dados dois conjuntos A e B , o índice de Jaccard é definido como:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}, \quad (2)$$

em que $|\cdot|$ denota a cardinalidade do conjunto. O valor de $J(A, B)$ varia no intervalo $[0, 1]$, representando desde a dissimilaridade completa ($J = 0$) até a identidade total ($J = 1$).

A título de ilustração, considerem-se os PADOs $P_A = \{I_1, I_2, I_3, I_4\}$ e $P_B = \{I_3, I_4, I_5\}$. Nota-se, preliminarmente, que a similaridade total é impossível devido à diferença no número de infrações. Ao aplicar o algoritmo de busca de equivalências, identificou-se que os itens I_3 e I_4 são normativamente equivalentes em ambos os processos. Assim, o cálculo resulta em:

$$J(P_A, P_B) = \frac{|I_3, I_4|}{|I_1, I_2, I_3, I_4, I_5|} = \frac{2}{5} = 0,4. \quad (3)$$

O resultado indica que os processos P_A e P_B possuem uma equivalência de 40 %. Essa medida objetiva auxilia analistas na triagem comparativa, permitindo a definição de limites de similitude para priorizar a análise de documentos com maior correlação semântica e normativa.

3. Prova de Conceito

A aquisição de dados para a solução proposta deu-se inicialmente por meio de uma raspagem de dados (*webscrapping*) nas resoluções da Anatel, conforme ilustrado na Figura 4. Para tanto, foram construídos *scripts* na linguagem Python com a biblioteca BeautifulSoup para acessar a raiz do diretório de resoluções (vide 1). Em seguida, com o uso de expressões regulares, iterou-se por todas as subpáginas relativas aos anos de 1997 a 2025 (vide 2), coletando as resoluções e seus metadados (vide 3), os quais foram posteriormente armazenados em um banco de dados não-relacional (vide 4).

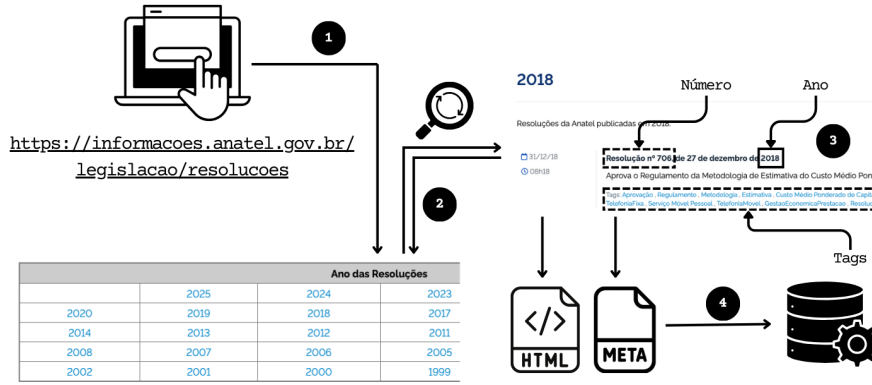


Figura 4. Processo de raspagem de dados das resoluções.

Concluída a extração das normativas, foram construídos os vértices representativos dos anos e das resoluções. Os metadados associados às categorias temáticas (*tags*) das resoluções foram incorporados como atributos complementares para viabilizar agrupamentos posteriores. As arestas de cronologia ($V_{ano} \times V_{ano}$), de vinculação anual ($V_{ano} \times V_{res}$) e de sucessão normativa ($E_{suc} \subseteq V_{res} \times V_{res}$) foram instanciadas a partir da mineração dos documentos originais, conforme ilustrado na Figura 5. Para fins de simplificação, apenas algumas resoluções dos 12 primeiros anos encontram-se ilustradas em razão da granularidade para melhor visibilidade.

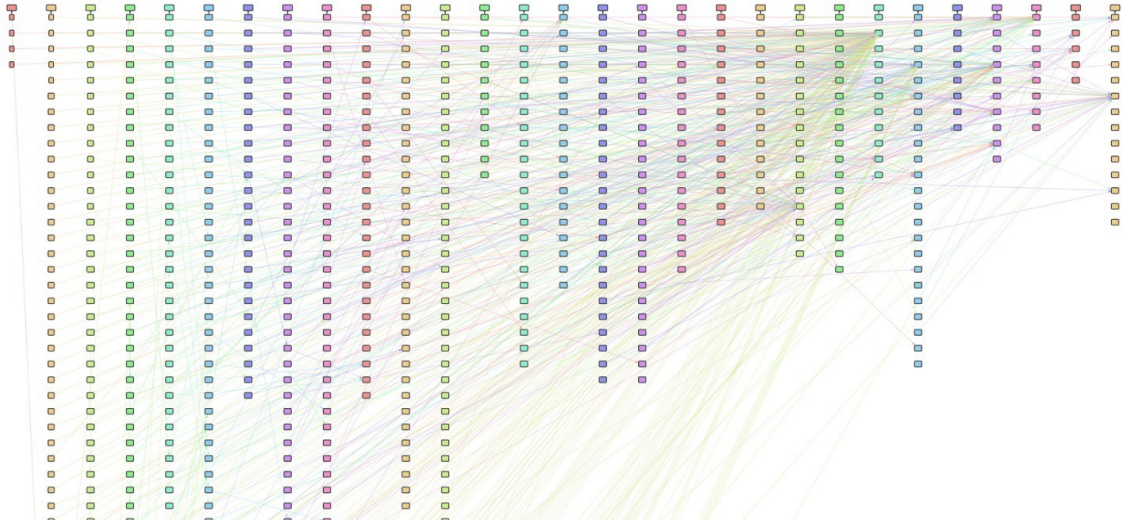


Figura 5. Visão geral do grafo de conhecimento arestas de sucessão normativa.

O grafo gerado apresenta $|V_{ano}| = 29$, $|V_{res}| = 762$ e $|E_{suc}| = 667$. Observa-se a existência de vértices de resolução com elevado grau de entrada, a exemplo de $d_{in}(r_{708}) = 170$, em que $(a_{2019}, r_{708}) \in E$. Esse fenômeno converge com o conceito de guilhotinas regulatórias, termo que denota o processo de revogação massiva de regras que perderam sua justificativa técnica ou jurídica ao longo do tempo [Anatel 2025a]. A análise topológica revela ainda que as resoluções atualmente vigentes distribuem-se por uma ampla variedade de anos desde a criação da agência, conforme ilustrado na Figura 6.

No tocante às arestas de equivalência E_{sd} , esta prova de conceito considerou exclusivamente os dispositivos que tipificam infrações. Para tanto, utilizou-se uma amostra

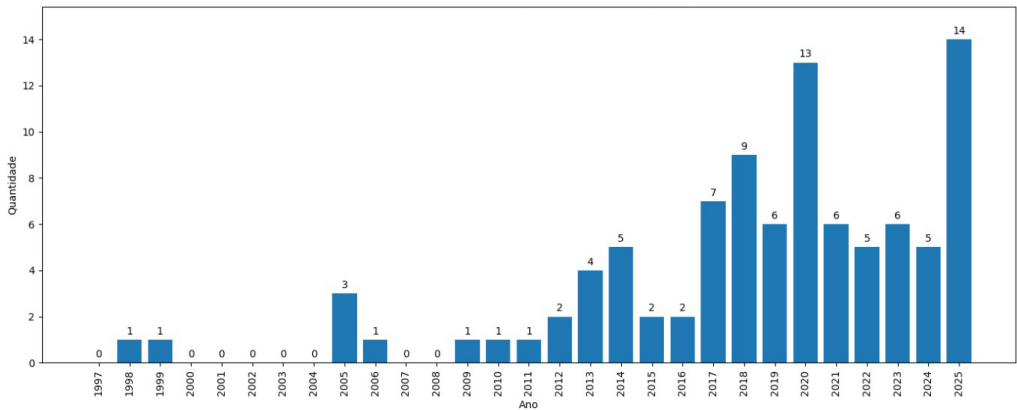


Figura 6. Normas atualmente vigentes, por ano de publicação.

de normas e dispositivos citados em PADOs públicos, disponibilizados no site da Anatel [Anatel 2026a]. Subsequentemente, elencaram-se os dez pares de normas e dispositivos com maior recorrência em infrações, procedendo-se à criação das arestas conforme a metodologia descrita na Seção 2.1. A codificação dos dispositivos em *embeddings* foi realizada por meio do modelo Gemini 1.5 Pro [Gemini Team 2024], selecionado por sua facilidade de uso, robustez no processamento de contextos extensos e compreensão semântica.

A análise efetuada revelou casos de equivalência semântica que validam a modelagem proposta. Destaca-se a sucessão entre dispositivos da Resolução Anatel 242/2000 e da Resolução Anatel 715/2019, conforme detalhado nas Tabelas 2 e 3. Na Tabela 2, observa-se uma similaridade de 92 %, o que indica uma paráfrase normativa quase exata, em que o núcleo da infração, que é a comercialização de produtos sem homologação, permanece inalterado apesar das variações de flexão. A Tabela 3 apresenta similaridade de 85 %, refletindo a convergência entre dispositivos de diferentes níveis de abstração. A representação em *embeddings* permitiu correlacionar a conduta específica de falsidade documental com a tipificação genérica de fraude ao processo de avaliação. A Figura 7 ilustra um trecho do grafo de conhecimento com essas equivalências mapeadas.

Tabela 2. Exemplo de equivalência semântica por paráfrase normativa.

Resolução 242/2000 (Art. 55, IV, c)	Resolução 715/2019 (Art. 83, I)	Similaridade
(...) consideram-se práticas passíveis de imposição de sanção	(...) São condutas passíveis de sancionamento	92 %
(...) comercialização, no país, de produtos não homologados (...)	comercialização de produto não homologado	

A análise do repositório de dados brutos da Anatel [Anatel 2026a], consultado em 7 de fevereiro de 2026 e totalizando 115.956 processos únicos, permitiu rastrear a trajetória infracional de um agente econômico sob distintos regimes jurídicos. Conforme a Tabela 4, verifica-se a reincidência em condutas tipificadas originalmente pela Resolução Anatel 242/2000 (Art. 55, IV, C) e, posteriormente, pela Resolução Anatel 715/2019 (Art. 83, I). O índice de Jaccard unitário ($J = 1$) no cálculo par a par entre os processos listados corrobora a identidade material das infrações e a continuidade do comportamento

Tabela 3. Equivalência semântica entre conduta específica e genérica.

Resolução 242/2000 (Art. 55, VI, a)	Resolução 715/2019 (Art. 83, III)	Similaridade
(...) fraude ou falsidade nas declarações ou provas documentais apresentadas no processo de homologação	(...) fraude ao processo de avaliação da conformidade e homologação	82 %

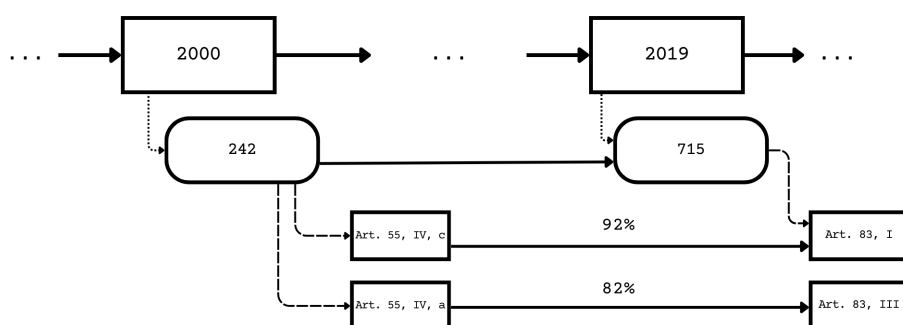


Figura 7. Trecho do grafo de conhecimento com equivalências normativas identificadas.

irregular, em observância ao princípio *Tempus Regit Actum*. Embora a dosimetria das sanções pecuniárias registre a reincidência, a identificação dessa equivalência foi feita por análise técnica manual. A detecção automática de tais ocorrências pela prova de conceito apresentada colabora para a sua validação.

Tabela 4. Exemplo de reincidência no mesmo tipo de infração sob normativa diferente.

Processo	Resolução Anatel	Dispositivo	Data de Instauração	Multa
535040034582019	242/2000	Art. 55, IV, c	29/04/2019	R\$ 19.500,00
535420020012019	715/2019	Art. 83, I	07/08/2019	R\$ 8150,00
535420019872019	242/2000	Art. 55, IV, c	07/08/2019	R\$ 562,50
535420020042019	715/2019	Art. 83, I	15/03/2021	R\$ 14.000,00
535420020032019	715/2019	Art. 83, I	04/08/2021	R\$ 26.340,00

Na busca por PADOs totalmente similares ($J = 1$) também há o caso de múltiplas equivalências entre normativas, como é o caso do exemplo demonstrado na Tabela 5. Em uma situação dessa natureza, a solução proposta colabora não apenas para a correta dosimetria da sanção pecuniária, mas também para agilizar a instrução processual ao consolidar infrações correlatas. A identificação automatizada de múltiplas equivalências normativas mitiga o risco de omissões na análise de antecedentes e reduz o esforço manual despendido na conferência de tipos infracionais em transição, otimizando a celeridade do rito administrativo-sancionador.

A análise da evolução histórica das resoluções vigentes desde a criação da Anatel, sintetizada na Figura 8, evidencia um esforço institucional pela consolidação de um arcabouço normativo mais conciso e objetivo. Nesse cenário de simplificação regulatória,

Tabela 5. PADOs com múltiplos dispositivos similares.

Processo	Resolução Anatel	Dispositivo	Multa
535040054452017	242/2000	Art. 55, IV, c Art. 55, IV, a	R\$ 228.782,40
535240051842023	715/2019	Art. 83, III Art. 83, I	R\$ 294.739,19

o grafo de conhecimento atua como um facilitador estratégico na identificação de dispositivos com identidade material, permitindo que resoluções com convergência temática sejam detectadas e, eventualmente, submetidas a revisões integradas. Ademais, a utilidade do modelo estende-se ao processo de monitoramento da Agência, viabilizando uma visualização de resoluções e dispositivos vinculados a temas específicos. Tal estrutura permite revelar correlações latentes entre dispositivos normativos, assegurando maior rigor à instrução processual e promovendo a isonomia no tratamento de condutas análogas.

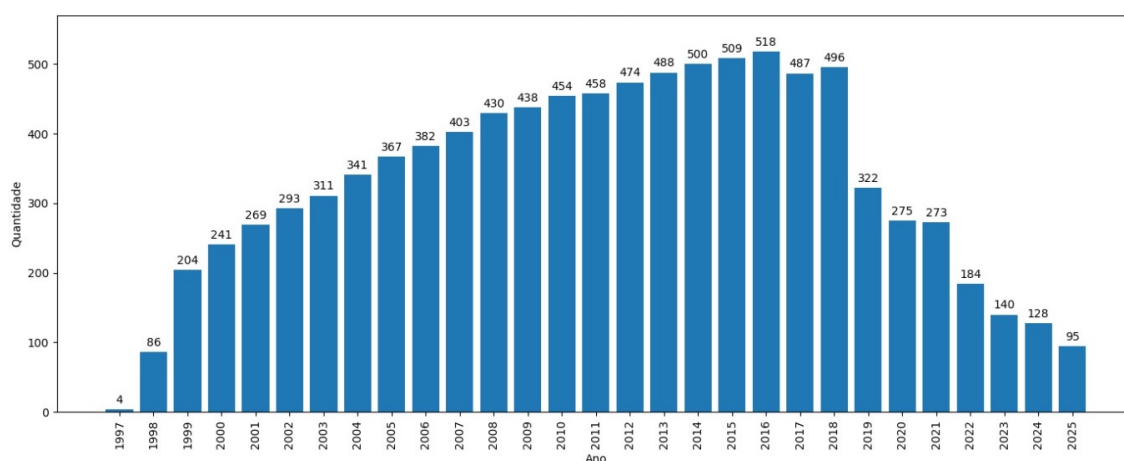


Figura 8. Quantidade de normas vigentes ao longo dos anos.

A despeito dos resultados alcançados, a presente prova de conceito apresenta limitações que delimitam seu escopo atual. Primeiramente, a análise de equivalência semântica restringiu-se aos dez tipos infracionais de maior recorrência nos PADOs conduzidos pela Anatel, o que pode não refletir a complexidade de condutas menos frequentes. Adicionalmente, a dependência empírica do limiar de similaridade ϑ configura uma variável heurística que requer calibração contínua; a definição desse parâmetro impacta diretamente a sensibilidade do grafo na identificação de sucessões normativas, podendo gerar falsos positivos em dispositivos de redação genérica ou omissões em reformas textuais profundas.

Diante das limitações expostas, recomenda-se que a implementação da solução ocorra de forma incremental, observando-se as melhores práticas da Engenharia de Software para sistemas de suporte à decisão. Inicialmente, propõe-se o uso em regime de retroanálise com supervisão de especialistas (*human-in-the-loop*), permitindo a validação dos resultados e a coleta de *feedback* para refinamento. Em estágios posteriores, a solução poderá atuar em ambiente de homologação como suporte à instrução processual por analistas experientes.

4. Considerações Finais

A adoção da modelagem fundamentada em grafos de conhecimento prospecta avanços significativos para a atividade regulatória, com potencial reflexo na otimização de processos internos e na qualidade da entrega institucional. Ao automatizar a identificação de normas análogas em diferentes marcos temporais, a solução proposta visa eliminar a necessidade de buscas manuais exaustivas, com o intuito de desonerar o corpo técnico do mapeamento de equivalências legislativas. Esse ganho de eficiência permitiria que o capital intelectual, atualmente dedicado à manutenção de registros de conformidade, fosse redirecionado para análises técnicas de maior complexidade estratégica.

Simultaneamente, o grafo proposto configura-se como um repositório dinâmico com potencial para atuar como uma ferramenta central na gestão do conhecimento. A estruturação desses dados tende a facilitar a capacitação de novos profissionais ao mitigar a curva de aprendizado necessária para o domínio do arcabouço jurídico da Anatel. Ao codificar a lógica jurídica na topologia de um grafo, a agência poderia assegurar a preservação e a disseminação sistemática do conhecimento especializado por toda a organização.

Além dos benefícios operacionais vislumbrados, a proposta busca fortalecer os princípios da transparência e da equidade. O uso de critérios objetivos para determinar a equivalência normativa objetiva garantir tratamentos uniformes a infrações análogas, independentemente do período de ocorrência. Essa previsibilidade técnica poderia reforçar a confiança pública e a higidez do ambiente regulado, oferecendo maior segurança jurídica e tratamento isonômico aos agentes econômicos. Nesse sentido, a solução proposta alinha-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 16.6 da Organização das Nações Unidas (ONU) de ampliar a transparência, que preconiza o desenvolvimento de instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis [ONU 2015].

Em trabalhos futuros espera-se ampliar a análise das arestas de equivalência com os demais elementos do arcabouço normativo e avaliar se modelos treinados com documentos jurídicos em português para produção de *embeddings*, tais como o LegalBERT-pt [Silveira et al. 2023], podem aprimorar a captura de similaridade semântica entre dispositivos. Ademais, as perspectivas de evolução tecnológica contemplam a transição para arquiteturas de *Graph-Based Retrieval-Augmented Generation*, nas quais a estrutura topológica do grafo de conhecimento atuará como base de contexto para *Large Language Models* (LLMs) [Negro et al. 2025, Bratanic and Hane 2025]. Essa integração objetiva não apenas a recuperação precisa de informações, mas também a geração assistida de documentos fundamentados na linhagem histórica das resoluções.

Transparência da IA e Considerações Éticas

A ferramenta Google NotebookLM com o modelo Gemini 1.5 Pro foi utilizada para codificação dos *embeddings* de dispositivos das resoluções. A ferramenta Google Gemini 3.1 Pro foi utilizada para revisão ortográfica do texto, o qual foi novamente revisado pelos autores antes do envio da versão final.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Laboratório de Sistemas Inteligentes da Universidade do Estado do Amazonas pelos recursos computacionais para realização da pesquisa. Este trabalho contou com apoio técnico e fomento à pesquisa pelo Centro de Altos Estudos

em Comunicações Digitais e Inovações Tecnológicas (Cead), da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), por meio de Termo de Execução Descentralizada celebrado entre a Agência Reguladora e a Universidade Federal de Campina Grande, no contexto do Projeto “Inteligência Artificial (IA) em Processos Administrativos Sancionatórios”.

Referências

- Anatel (2025a). Guilhotina Regulatória. Disponível em <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/agenda-regulatoria/simplificacao-regulatoria/guilhotina-regulatoria>. Acesso em 13 de maio de 2026.
- Anatel (2025b). Processo Sancionador. Disponível em <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/acompanhamento-e-controle/processo-sancionador>. Acesso em 13 de maio de 2026.
- Anatel (2026a). Histórico de PADOs. Disponível em <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/acompanhamento-e-controle/historico-de-pados>. Acesso em 07 de fevereiro de 2026.
- Anatel (2026b). Portal de Legislação. Disponível em <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/>. Acesso em 13 de maio de 2026.
- Brasil (1997). Lei N. 9.472, de 16 de julho de 1997 – Lei Geral de Telecomunicações. Diário Oficial da União. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19472.htm. Acesso em 13 de maio de 2026.
- Bratanić, T. and Hane, O. (2025). *Essential GraphRAG: Knowledge Graph-Enhanced RAG*. Manning Publications, Shelter Island, NY.
- Chandrasekaran, D. and Mago, V. (2021). Evolution of Semantic Similarity – A Survey. *ACM Comput. Surv.*, 54(2).
- Gemini Team (2024). Gemini 1.5: Unlocking Multimodal Understanding Across Millions of Tokens of Context. Disponível em <https://arxiv.org/abs/2403.05530>. Acesso em 13 de maio de 2026.
- ITU (2026). About International Telecommunication Union. Disponível em <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>. Acesso em 13 de maio de 2026. Genebra, Suíça.
- Jaccard, P. (1912). The distribution of the flora in the Alpine Zone. *New Phytol.*, 11(2):37–50.
- Negro, A., Kus, V., Futia, G., and Montagna, F. (2025). *Knowledge Graphs and LLMs in Action*. Manning Publications, Shelter Island, NY.
- ONU (2015). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Assembleia Geral da ONU.
- Osório, F. M. (2025). *Direito Administrativo Sancionador*. Thomson Reuters – Revista dos Tribunais, São Paulo, 10 edition.
- Silveira, R., Ponte, C., Almeida, V., Pinheiro, V., and Furtado, V. (2023). Legalbert-pt: A pretrained language model for the brazilian portuguese legal domain. In *Anais da XII Brazilian Conference on Intelligent Systems*, pages 268–282, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.