

TRADUÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA DE TEXTO EM DESENHOS CAD COM MODELOS DE TRADUÇÃO NEURONAL LOCAIS

Pedro Ferreira ⁽¹⁾

(1) TPF CONSULTORES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, S.A., Lisboa, 0009-0008-7830-9602

Resumo

A TPF Consultores desenvolve projetos internacionais que exigem documentação técnica em vários idiomas, o que implica a tradução de desenhos. Esta tarefa origina processos morosos e suscetíveis a erros. Para responder a esta necessidade, foi desenvolvido um protótipo de tradução automática num ambiente *Computer-Aided Design* (CAD). A implementação inicial recorreu a uma linguagem de *scripting* CAD por ser adequada ao desenvolvimento desta prova de conceito.

O artigo incide sobre três componentes essenciais do sistema. A primeira consiste no método de recolha de texto a partir das entidades textuais do desenho, incluindo a identificação correta da sua posição e do fluxo textual lógico.

A segunda componente envolve a utilização da biblioteca Transformers.js para executar modelos de tradução neuronal em ambiente local. Esta biblioteca reproduz a funcionalidade da versão Python Transformers e permite a execução de modelos avançados no navegador, assegurando confidencialidade e independência de serviços externos. O sistema inclui ainda uma interface HTML que permite ao utilizador rever e editar as traduções antes de as enviar para o ambiente CAD, garantindo um controlo de qualidade supervisionado.

A terceira componente consiste no retorno do texto traduzido ao desenho. O sistema reintegra o conteúdo nos locais corretos e preserva a formatação original sempre que possível, garantindo a integridade gráfica do desenho.

Este protótipo encontra-se em fase de validação e contribui para a automatização da tradução de documentação técnica.

1. Introdução

Os sistemas CAD convencionais apresentam limitações significativas na tradução automatizada de elementos textuais, dependendo as soluções existentes de aplicações externas.

A automatização deste processo através de modelos de tradução neuronal [1] oferece vantagens em termos de eficiência, mas introduz desafios relacionados com a fiabilidade dos modelos de linguagem [2]. Estes modelos [3], apesar dos avanços recentes, apresentam ainda fenómenos

de “alucinação”, gerando traduções tecnicamente incorretas ou inadequadas ao contexto especializado da engenharia. Esta constatação fundamentou a integração de mecanismos de supervisão humana no sistema. O objetivo não é substituir o trabalho dos tradutores, mas libertar os profissionais da transcrição manual repetitiva, concentrando o seu esforço na validação e refinamento dos resultados.

Face a este contexto, o presente trabalho propõe um sistema de tradução automatizado para ambiente CAD. Os testes de desenvolvimento e validação foram realizados com a linguagem de *scripting* CAD (AutoLISP), e com tecnologias web (HTML, JavaScript) e a biblioteca de inferência neuronal Transformers.js para a interface de tradução. A metodologia é apresentada através de pseudocódigo, permitindo a compreensão da lógica algorítmica independentemente das linguagens e plataformas, e facilitando a adaptação a outros ambientes de desenho técnico.

2. Metodologia e arquitetura do sistema proposto

A arquitetura proposta baseia-se em três pilares: extração de conteúdo textual, tradução assistida por modelos neuronais com supervisão humana, e reinserção do conteúdo traduzido. A solução é modular, com componentes independentes coordenados entre si, e privilegia a execução local dos modelos, eliminando dependências de serviços externos e garantindo a confidencialidade da informação técnica.

A Figura 1 ilustra a *pipeline*. Na fase de Extração, o conteúdo textual das entidades do desenho CAD é exportado para um ficheiro JSON. Na fase de Tradução assistida, o ficheiro é processado numa interface web onde o modelo neuronal gera as traduções; o utilizador revê e valida cada tradução, podendo recorrer a glossários terminológicos. O resultado é um segundo ficheiro JSON com as traduções validadas. Na fase de Reinserção, o conteúdo traduzido é reintegrado nas entidades originais.

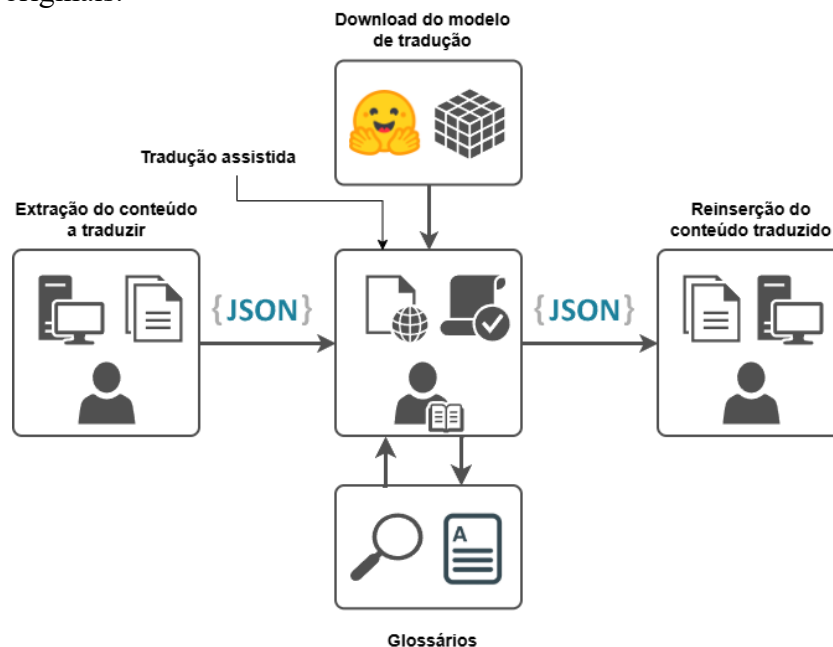


Figura 1: *pipeline* de tradução automática em CAD com extração, tradução e reinserção de texto.

2.1 Pipeline de tradução neuronal local

A arquitetura *Transformer*, introduzida por Vaswani et al. (2017) no artigo seminal "Attention is All You Need" [4], revolucionou o campo do processamento de linguagem natural ao propor um mecanismo particularmente eficaz para tarefas de tradução automática, onde a compreensão do contexto global é essencial para produzir traduções precisas e naturais. Desde a introdução da arquitetura original, múltiplos modelos especializados em tradução foram desenvolvidos. Estes modelos, treinados em vastos conjuntos de dados, demonstram capacidades de tradução entre múltiplos pares linguísticos [5].

A biblioteca *Transformers.js* representa uma adaptação da biblioteca *Transformers* do Hugging Face [6] para execução em ambientes JavaScript, permitindo execução de modelos diretamente no navegador. A biblioteca utiliza *ONNX Runtime Web* para executar modelos convertidos a partir de *frameworks* de aprendizagem automática [7], possibilitando a execução em CPU ou, quando disponível, aceleração por WebGPU [8].

A invocação do modelo segue o padrão da biblioteca: inicializa-se uma *pipeline* de tradução com o identificador do modelo (e.g., *Xenova/nllb-200-distilled-600M*); em seguida, executa-se a *pipeline* com o texto e os códigos dos idiomas de origem e destino (e.g., por *_Latn*, *eng_Latn*), retornando o texto traduzido.

O modelo é descarregado uma única vez a partir de um repositório público de modelos e armazenado na cache do navegador web (e.g., Google Chrome). A execução de modelos de tradução neuronal diretamente no navegador apresenta vantagens significativas em termos de privacidade e independência de infraestrutura. Ao processar os dados localmente, elimina-se a necessidade de transmitir informação sensível para servidores externos.

2.2 Extração de dados

O algoritmo *EXTRAI_TEXTOS_CAD* percorre o desenho ativo e identifica todas as entidades de texto do tipo *TEXT* e *MTEXT*. No ambiente CAD, estes constituem os dois tipos distintos de objetos de texto: as entidades *TEXT* contêm uma única linha de texto sem formatação, enquanto as entidades *MTEXT* suportam múltiplas linhas com códigos de formatação interna. Esta diferença exige tratamento diferenciado na extração; no caso de *MTEXT*, os códigos de formatação devem ser removidos antes da tradução, e na reinserção, a formatação original deve ser reconstituída.

Para cada entidade válida, são registadas as informações necessárias à sua posterior reconstrução no desenho, nomeadamente o identificador único (*handle*) e o conteúdo textual. Toda a informação é organizada num ficheiro JSON estruturado, que funciona como interface entre o ambiente CAD e o sistema de tradução automática.

Algoritmo *EXTRAI_TEXTOS_CAD*:

ENTRADA: Desenho CAD ativo

SAÍDA: Ficheiro JSON com entidades de texto

PARA CADA entidade textual no desenho FAÇA

 // *TEXT*: linha única sem formatação interna

 SE tipo *TEXT* ENTÃO

 SE NÃO deve_excluir(contéudo) ENTÃO

 Extrair propriedades (*handle*, texto, posição, layer, formatação)

```
        Adicionar à lista TEXT
      FIM SE
    FIM SE

    // MTEXT: múltiplas linhas com códigos de formatação a remover
    SE tipo MTEXT ENTÃO
      Remover códigos de formatação interna
      SE NÃO deve_excluir(texto_limpo) ENTÃO
        Extrair propriedades (handle, texto original e limpo,
                             posição, layer, formatação)
        Adicionar à lista MTEXT
      FIM SE
    FIM SE

  FIM PARA

  Escrever JSON com listas TEXT e MTEXT
FIM ALGORITMO

// Filtra textos sem conteúdo linguístico relevante para tradução
FUNÇÃO deve_excluir(texto):
  RETORNA verdadeiro se texto vazio OU apenas números/símbolos
FIM FUNÇÃO
```

2.3 Tradução com supervisão humana

A componente de tradução constitui o núcleo do sistema, apresentando uma interface web onde o utilizador pode rever, validar e editar cada tradução individualmente.

O protótipo foi desenvolvido utilizando dois modelos de tradução neuronal disponíveis publicamente: NLLB-200 Distilled 600M (Xenova/nllb-200-distilled-600M) [9] e M2M100 418M (Xenova/m2m100_418M) [10]. O modelo NLLB-200, uma versão destilada do modelo No Language Left Behind [5], foi selecionado como predefinido devido ao seu equilíbrio entre qualidade de tradução e desempenho, suportando tradução entre 200 idiomas. A interface apresenta cada item textual numa tabela estruturada, exibindo o texto original, o contexto (*handle*, *layer*, número de blocos, padrão de capitalização) e permitindo a visualização e edição da tradução lado a lado antes de exportar para o ambiente CAD.

O sistema permite ainda agrupar textos próximos espacialmente em frases lógicas, reconstituindo o fluxo textual original quando este foi fragmentado em múltiplas entidades durante o desenho. O número de blocos associados a cada item indica quantas entidades textuais foram agrupadas. Adicionalmente, o sistema preserva o padrão de capitalização do texto original (todo em maiúsculas, todo em minúsculas, ou capitalização inicial) na tradução produzida, mantendo a coerência visual com o desenho.

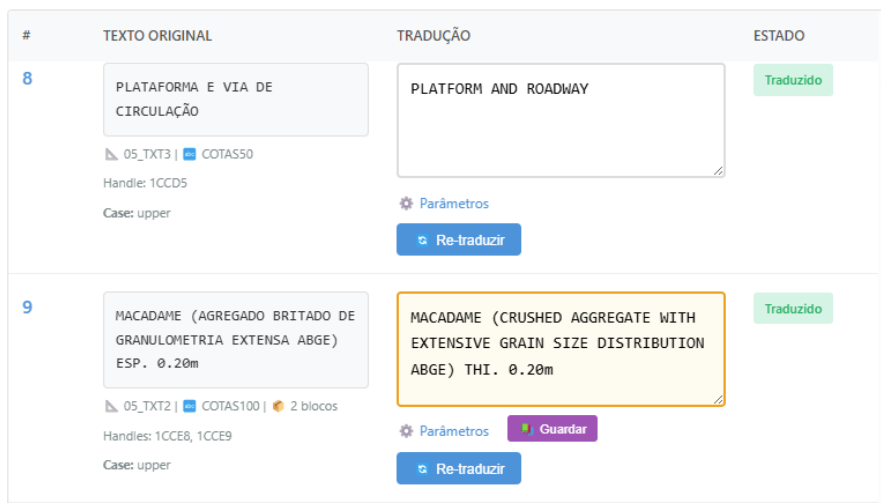


Figura 2: Interface web de tradução com supervisão humana.

Um aspeto fundamental é a integração de glossários terminológicos. O utilizador pode carregar ficheiros contendo pares de termos normalizados, que são automaticamente aplicados durante a tradução, assegurando consistência terminológica. Esta funcionalidade é relevante em projetos de engenharia, onde a uniformidade da terminologia técnica é essencial. Traduções editadas manualmente são destacadas visualmente, facilitando a identificação de intervenções humanas. O sistema oferece ainda a possibilidade de adicionar novos termos ao glossário diretamente a partir das traduções editadas, enriquecendo progressivamente a base terminológica durante o trabalho.

A validação humana é particularmente relevante devido à criticidade técnica da terminologia e ao risco de erros com impacto direto na interpretação do projeto.

Algoritmo TRADUZ_COM_SUPERVISAO:

ENTRADA: Ficheiro JSON com textos extraídos, idioma destino, modelo

SAÍDA: Traduções validadas pelo utilizador

Carregar JSON e extrair itens únicos

// Modo opcional: agrupa textos fragmentados em frases lógicas

SE modo frase ativado ENTÃO

Agrupar textos próximos espacialmente

FIM SE

PARA CADA item FAÇA

// Glossário sobrepõe-se à tradução automática para garantir consistência

SE glossário ativo ENTÃO

Procurar correspondências no texto

FIM SE

Invocar modelo neuronal de tradução

SE termos do glossário encontrados ENTÃO

Substituir pelos termos validados

FIM SE

// Preserva a coerência visual com o desenho original

Aplicar padrão de capitalização do texto original

FIM PARA

Permitir edição manual e adição de novos termos ao glossário

Gerar JSON de saída com traduções validadas

FIM ALGORITMO

2.4 Reinserção do conteúdo traduzido

A fase final do sistema consiste na reinserção das traduções validadas no desenho original. Este processo utiliza o identificador único (*handle*) de cada entidade para localizar e atualizar o conteúdo textual de forma precisa.

O algoritmo de importação lê o ficheiro JSON gerado pela interface de tradução, extrai os pares *handle*-tradução, e aplica as alterações sequencialmente às entidades correspondentes no desenho. O sistema utiliza o modelo de objetos da plataforma para aceder diretamente às propriedades das entidades, atualizando apenas o conteúdo textual. Este mecanismo assegura que todas as propriedades originais (posição, altura, cor, layer, estilo) são preservadas.

Algoritmo REINSERE_TRADUCOES:

ENTRADA: Ficheiro JSON com traduções validadas

SAÍDA: Desenho CAD atualizado com textos traduzidos

Ler JSON e extrair pares (handle, tradução)

// Operação envolvida em transação UNDO única

Iniciar transação reversível

PARA CADA par (handle, tradução) FAÇA

Localizar entidade pelo handle no desenho

SE entidade existe ENTÃO

// Apenas o texto é alterado; demais propriedades preservadas

Atualizar propriedade do texto com a tradução

FIM SE

FIM PARA

Concluir transação reversível

FIM ALGORITMO

3. Resultados e validação

O protótipo foi validado com seis desenhos técnicos de projetos, cobrindo as especialidades de Vias, Hidráulica, Eletricidade, Arquitetura, Estruturas e Geotecnia, para o par linguístico português–inglês. A Tabela 1 apresenta a caracterização dos desenhos de teste e o efeito dos mecanismos de pré-processamento sobre o volume de texto a traduzir. A coluna Frases identificadas reflete o agrupamento de entidades textuais espacialmente próximas, reconstituindo frases lógicas fragmentadas em múltiplas entidades durante o desenho.

Tabela 1: Caracterização e pré-processamento das entidades textuais

Área de projeto	Nº de entidades textuais	Taxa de filtragem (%)	Frases identificadas	Textos únicos (após deduplicação)	Taxa de deduplicação (%)
Vias	398	25%	280	96	66%
Hidráulica	235	8%	181	132	27%
Eletricidade	49	0%	49	31	37%
Arquitetura	90	14%	77	49	36%
Estruturas	562	0%	540	93	83%
Geotecnia	288	53%	130	63	52%

A filtragem automática de entidades exclusivamente numéricas variou entre 0% e 53% consoante a especialidade. A deduplicação reduziu o volume a traduzir entre 27% e 83%, permitindo traduzir cada texto único uma vez e aplicar o resultado a todas as ocorrências. Cada desenho foi submetido a tradução com os dois modelos (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação comparativa dos modelos de tradução

Área de projeto	Modelo A (NLLB-200 600M)		Modelo B (M2M100 418M)		Usabilidade da interface (1–5)
	N.º de traduções corrigidas manualmente	Qualidade sem intervenção (%)	N.º de traduções corrigidas manualmente	Qualidade sem intervenção (%)	
Vias	63	34%	70	27%	3
Hidráulica	91	31%	97	27%	3
Eletricidade	19	39%	14	55%	3
Arquitetura	13	73%	24	51%	4
Estruturas	13	86%	23	75%	4
Geotecnia	29	54%	32	49%	3

O Modelo A obteve melhores resultados do que o Modelo B na maioria dos desenhos, com qualidade sem intervenção entre 31% e 86%, face a 27%–75% do Modelo B. Os resultados refletem a natureza do conteúdo de cada especialidade. Arquitetura beneficia de terminologia simples e do quotidiano construtivo, com equivalentes diretos nas línguas-alvo. A qualidade elevada em Estruturas deve ser lida com cautela: o texto é escasso e altamente repetitivo (notações de armaduras como Ø12 af. 0.15), com 83% de deduplicação a reduzir drasticamente o número de itens efetivamente avaliados. Vias e Hidráulica apresentam os piores resultados, combinando notações técnicas mistas com prosa especializada densa.

Os principais desafios identificados incluem alucinações e sensibilidade a erros ortográficos no texto original. Os modelos revelaram particular dificuldade em interpretar notações técnicas mistas, como referências a materiais e dimensões (e.g., PEAD DN100) ou codificações alfanuméricas com separadores (e.g., Ø12//0.15), produzindo traduções incorretas (Figura 3).



Figura 3: Exemplo de alucinação do Modelo A quando confrontado com notação técnica alfanumérica.

A avaliação de usabilidade foi realizada por um técnico de desenho com experiência em projeto, comparando a experiência de tradução no navegador com a edição direta no ambiente CAD numa escala de 1 (pior) a 5 (melhor), com classificações entre 3 e 4. Reconhece-se que a avaliação por um único utilizador constitui uma limitação deste estudo, devendo ser alargada em trabalho futuro a uma amostra com perfis distintos (projetistas, revisores, tradutores técnicos), recorrendo a instrumentos padronizados de avaliação de usabilidade.

Quanto à produtividade, com base na experiência da equipa, a tradução manual de desenhos com várias centenas de entidades textuais é uma tarefa repetitiva e morosa, particularmente quando as mesmas designações se repetem ao longo do desenho. Os mecanismos de filtragem e deduplicação reduzem entre 27% e 83% o volume efetivo a traduzir, e a aplicação automática da tradução a todas as ocorrências do mesmo texto único elimina a transcrição manual repetitiva. A intervenção do utilizador concentra-se assim na revisão e validação, em vez da introdução manual de cada tradução.

4. Conclusões e trabalho futuro

Este trabalho apresenta um protótipo funcional que integra modelos de tradução neuronal em fluxos de trabalho de documentação técnica CAD, demonstrando a viabilidade desta abordagem em condições reais de projeto. A arquitetura modular baseada em extração, tradução supervisionada e reinserção revelou-se adequada para projetos que exigem tradução de documentação técnica entre idiomas, mantendo a integridade gráfica dos desenhos. A interface de supervisão humana demonstrou ser essencial face às limitações dos modelos com texto técnico especializado.

O processo de tradução supervisionada gera incrementalmente pares validados por especialistas. Os resultados sugerem que uma amostra relativamente reduzida de desenhos, cobrindo as principais especialidades, seria suficiente para reunir a maioria da cobertura terminológica necessária num glossário de projeto. A acumulação progressiva destes pares, conjugada com o refinamento dos mecanismos de pré-processamento, nomeadamente o tratamento de notações técnicas e padrões de capitalização, permitiria alcançar taxas de tradução automática mais elevadas, com menor intervenção. A longo prazo, este conjunto de pares validados poderá constituir uma base de dados para *fine-tuning* de modelos especializados no domínio da engenharia.

Esta arquitetura, baseada em troca de informação via JSON, facilita a transição para ambientes de modelação paramétrica. Apenas as componentes de extração e reinserção dependem da plataforma de desenho, podendo ser substituídas por equivalentes que recorram a APIs específicas ou a formatos abertos de interoperabilidade. A componente central de tradução supervisionada permanece aplicável sem alterações significativas.

Como trabalho futuro identificam-se: o *fine-tuning* de modelos; a utilização de modelos de linguagem de grande escala com instruções contextuais; a expansão para outros pares linguísticos; e a implementação em ambientes BIM.

Declaração de utilização de inteligência artificial generativa

Este trabalho foi preparado com o auxílio de ferramentas de inteligência artificial generativa, especificamente Claude Sonnet e Claude Opus da Anthropic, com o objetivo de apoiar a estruturação e redação do manuscrito, bem como auxiliar no desenvolvimento rápido do protótipo. Todo o processo de utilização desta ferramenta foi supervisionado, revisto e editado pelo autor, que assume total responsabilidade pelo conteúdo científico e técnico da publicação.

Referências

- [1] A. Fan *et al.*, “Beyond English-Centric Multilingual Machine Translation,” 2020, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2010.11125.
- [2] Z. He *et al.*, “Exploring Human-Like Translation Strategy with Large Language Models,” *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, vol. 12, pp. 229–246, Mar. 2024, doi: 10.1162/tacl_a_00642.
- [3] Y. A. Mohamed, A. Khanan, M. Bashir, A. H. H. M. Mohamed, M. A. E. Adiel, and M. A. Elsadig, “The Impact of Artificial Intelligence on Language Translation: A Review,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 25553–25579, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3366802.
- [4] A. Vaswani *et al.*, “Attention Is All You Need,” 2017, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.1706.03762.
- [5] NLLB Team *et al.*, “No Language Left Behind: Scaling Human-Centered Machine Translation,” 2022, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2207.04672.
- [6] C. Stryker, “What is Hugging Face? | IBM,” May 02, 2025. Accessed: Jan. 27, 2026. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/hugging-face>
- [7] “Transformers.js.” Accessed: Jan. 27, 2026. [Online]. Available: <https://huggingface.co/docs/transformers.js/v3.0.0/index>

- [8] “Running models on WebGPU.” Accessed: Feb. 10, 2026. [Online]. Available: <https://huggingface.co/docs/transformers.js/guides/webgpu>
- [9] “Xenova/nllb-200-distilled-600M · Hugging Face.” Accessed: Feb. 11, 2026. [Online]. Available: <https://huggingface.co/Xenova/nllb-200-distilled-600M>
- [10] “Xenova/m2m100_418M · Hugging Face.” Accessed: Feb. 11, 2026. [Online]. Available: https://huggingface.co/Xenova/m2m100_418M