

ARSimples: Uma ferramenta de auxílio ao ensino da Álgebra Relacional usando GALS, Emscripten e WebAssembly

Rodrigo do Nascimento Siqueira¹, Simara Vieira da Rocha¹

¹Departamento de Informática – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Caixa Postal 15.064 – 65080-805 – São Luís – MA – Brazil

rodignascimento@gmail.com, simararocha@gmail.com

Abstract. *The teaching tools allow numerous possibilities to make teaching more engaging and assimilative. On the other hand, Relational Algebra is a content of the Database discipline and because it has a high level of abstraction, it presents difficulties for the understanding of its concepts and the results produced by the operations. The aim of this work is to develop an online solution using GALS, Emscripten and WebAssembly to aid in the teaching of Relational Algebra, where it is possible to perform queries in Relational Algebra, translate them into Structured Query Language (SQL) and display a result.*

Resumo. *As ferramentas de ensino permitem inúmeras possibilidades de tornar a didática mais envolvente e assimilativa. Por outro lado, a Álgebra Relacional constitui um conteúdo da disciplina de Banco de Dados e por ter um alto nível de abstração traz dificuldades para o entendimento dos seus conceitos e dos resultados produzidos pelas operações. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma solução online usando GALS, Emscripten e WebAssembly voltada para o auxílio no ensino de Álgebra Relacional, onde seja possível realizar consultas em Álgebra Relacional, traduzi-las para a linguagem Structured Query Language (SQL) e exibir um resultado.*

1. Introdução

Anteriormente, o ensino era um processo estático em que os alunos possuíam como apoio apenas os docentes e os livros. Alguns professores inseriam filmes, músicas ou mídias, em geral, para ilustrar aos alunos uma situação do conteúdo ministrado. Atualmente, com a implantação da tecnologia na educação, a busca por informação está menos limitada e possui diversas abordagens diferentes. Com isso, surgiu a necessidade de ferramentas educacionais que venham a complementar o processo de aprendizado. De forma que os alunos continuem seus estudos fora da escola e de maneira mais natural, sendo motivados a estudar [Chiofi and de Oliveira 2014].

Atualmente, com a facilidade de conexão à internet, muitas ferramentas *online* surgiram com o objetivo de facilitar o uso de determinada funcionalidade pelo usuário. Dessa forma, elas facilitam o alcance de alunos, pois estes podem utilizá-las em casa ou em qualquer outro lugar, de qualquer plataforma em que se possa acessar a internet.

Por outro lado, a Álgebra Relacional, que é uma linguagem procedural, é um conteúdo da disciplina de Banco de Dados. Nela é possível, através de consultas utilizando operadores, manipular um Banco de Dados, de forma que, dada uma consulta, seja possível obter o resultado sobre um banco de dados. Segundo

[Navathe and Elmasri 2011] a Álgebra Relacional é muito importante por diversos motivos: primeiro, ela oferece um alicerce formal para as operações do modelo relacional; segundo, ela é usada para a implementação e otimização de consultas; e, terceiro, alguns de seus conceitos são incorporados na linguagem de consulta padrão Structured Query Language (SQL) para Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Por ser uma linguagem de baixo nível há muita dificuldade em entender o seu conteúdo, uma vez que não se tem como visualizar o que o comando envolvido faz e nem o resultado do mesmo. Além disso, a existência de poucas ferramentas que implementam a Álgebra Relacional contribuem para dificultar o seu ensino [Paes 2007]. Nesse sentido, objetivo geral desse trabalho é construir uma ferramenta para auxiliar o ensino de Álgebra Relacional, usando GALS, Emscripten e WebAssembly.

1.1. Trabalhos Relacionados

Foram encontradas diversas ferramentas que se propunham facilitar o ensino da Álgebra Relacional, mas algumas ou não estão disponíveis *online*, ou tiveram a instalação impossibilitada devido suas tecnologias estarem ultrapassadas. Na sequência serão detalhadas as principais soluções encontradas.

O ProgramAR [Prates et al. 2013] é um ambiente cujo principal objetivo é apoiar o ensino da Álgebra Relacional e do Cálculo Relacional, facilitando o aprendizado do aluno na manipulação das consultas relacionais. Assim, o discente pode escrever as expressões em Álgebra Relacional, em Cálculo Relacional, ou em SQL e obter o resultado destas consultas.

A RelaX [Kessler et al. 2019] é uma ferramenta *online* que tem como foco o auxílio à aprendizagem de Álgebra Relacional e SQL, possibilitando que o aluno possa realizar consultas de forma mais prática. Nela, é permitida a execução de Álgebra Relacional e também em SQL. Porém, a consulta em Álgebra Relacional não é traduzida para SQL e nem vice-versa.

O RAT [Murillo et al. 2012] é um ambiente que permite a tradução de consultas de Álgebra Relacional para SQL. Possui uma interface interativa, porém não permite a visualização dos resultados das consultas realizadas.

A Figura 1 apresenta um comparativo de todas as ferramentas analisadas no tocante aos seguintes aspectos: se implementavam todas as operações de Álgebra Relacional; se realizavam a avaliação léxica e a sintática das consultas; se exibiam a consulta realizada em Álgebra Relacional em uma consulta SQL equivalente; se exibiam o resultado produzido pela execução das consultas; se possuíam interface intuitiva; e, se era desenvolvidas para web.

Como foi possível observar, de todas as soluções analisadas, nenhuma atendeu a todas as propriedades desejadas. Daí a importância da construção de uma solução mais completa, que possa auxiliar no ensino e na aprendizagem da Álgebra Relacional.

2. ARSimples: ferramenta de auxílio ao ensino da Álgebra Relacional

A Figura 2 apresenta as etapas da metodologia empregada para a construção da ARSimples. As etapas são: definição de requisitos, criação de um analisador léxico e sintático, compilação do analisador léxico e sintático e implementação da ARSimples.

	ProgramAR	RelaX	RAT
TODAS AS OPERAÇÕES AR	✗	✓	✓
AVALIAÇÃO LÉXICA E SINTÁTICA	✓	✓	✓
EXIBIR SQL	✓	✗	✓
EXIBIR RESULTADO	✓	✓	✗
INTERFACE INTUITIVA	✓	✗	✓
WEB	✗	✓	✗

Figura 1. Comparação das ferramentas analisadas.

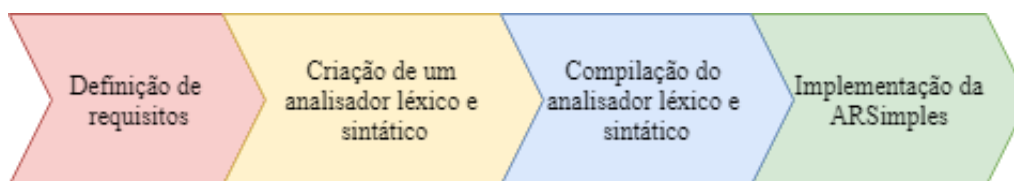


Figura 2. Etapas da metodologia empregada para a construção da ARSimples.

2.1. Definição de Requisitos

A primeira etapa da metodologia foi dedicada a eliciação das principais características que seriam necessárias para a ferramenta. Essas características foram elaboradas com base na análise das outras ferramentas, a partir de suas vantagens e também das desvantagens. Dentre os principais requisitos levantados, destacam-se:

- o ambiente fosse web;
- possibilidade de criação de um modelo de dados gráfico, que permitisse a inserção de todos os atributos, seus tipos e tamanhos dos dados, além de índices;
- realização de validação de usuários;
- exibição das relações do esquema do banco de dados que está conectado;
- suporte para todas as operação da Álgebra Relacional;
- elaboração de consultas em Álgebra Relacional;
- realização de análise léxica e sintática do que foi escrito pelo usuário;
- tradução das consultas feitas em Álgebra Relacional para SQL equivalente; e,
- execução e apresentação dos resultados dos comandos escritos em AR ou SQL nos modelos do banco de dados.

2.2. Criação de um analisador léxico e sintático

Essa epata se fez necessária devido a premissa de que a ferramenta deveria fornecer ao usuário um *feedback* quanto ao comando escrito está correto ou não ao ser executado e,

assim, contribuir para uma melhor aprendizagem do assunto.

Segundo [Aho et al. 2007], o analisador léxico lê os caracteres de entrada e produz uma sequência de *tokens*, que são sequências de caracteres tendo um significado coletivo, que o analisador sintático utiliza para a análise sintática. A importância da análise léxica na solução aqui proposta deve-se ao fato de que será necessário verificar se cada elemento introduzido pelo usuário faz parte do alfabeto, ou seja, do conjunto de comandos da Álgebra Relacional.

Conforme [Aho et al. 2007], o analisador sintático obtém uma cadeia de *tokens* provenientes do analisador léxico e verifica se a mesma pode ser gerada pela gramática da linguagem. A análise sintática é necessária para verificar se a estrutura da consulta está correta. No contexto da solução proposta nesse trabalho foi necessário criar um analisador léxico e sintático. Para tanto, utilizou-se o Gerador de Analisadores Léxicos e Sintáticos (GALS) [Gesser 2003], que é um ambiente para a geração de analisadores léxicos e sintáticos que possui interface gráfica .

Como demonstrado na Figura 3, o analisador foi construído da seguinte maneira: no espaço indicado por A, foram definidos os *tokens*, como, por exemplo, "sel", que na construção da gramática representará o comando de Seleção; em B foram estabelecidas as definições regulares, como, por exemplo, "L", que é definida como uma sequência de caracteres e será utilizada na definição dos *tokens*; Já em D, é escrita a gramática, onde são definidas as regras de sintaxe da Álgebra Relacional, em que o analisador a ser construído deverá obedecer estas regras; e, na posição C, são mostrados os símbolos não-terminais que serão usados na Gramática, como, por exemplo, "<INICIO>", que por ser primeiro símbolo declarado é considerado o símbolo inicial da gramática. A ferramenta, ao ser executada, gerará um analisador léxico e sintático na linguagem C++.



Figura 3. GALS da ARSimples.

2.3. Compilação do analisador léxico e sintático

Na perspectiva de que a solução aqui proposta deveria ser web e que o analisador léxico e sintático está escrito na linguagem C++, que não é uma linguagem para web, teve-se a

necessidade de traduzir o código do analisador para web, ou seja, foi preciso compilar o código.

Segundo [Aho et al. 2007], um compilador é um programa que lê um código escrito numa linguagem, a linguagem fonte, e o traduz em um código equivalente em outra linguagem, a linguagem alvo. No contexto deste trabalho foi utilizado o compilador Emscripten [Emscripten 2015]. Nele, é possível compilar um código escrito em C ou C++ para web. O código do analisador léxico e sintático desenvolvido no GALS foi compilado para a linguagem WebAssembly [WebAssembly 2017], que é uma linguagem binária para web, projetada para executar em conjunto com o JavaScript. Para executar o compilador foi usado o seguinte comando:

```
emcc -s WASM=1 -s DISABLE_EXCEPTION_CATCHING=0 -s NO_EXIT_RUNTIME=0 -o compilador.js compilador.cpp
```

2.4. Implementação da ARSimples

A etapa final da metodologia compreendeu a construção da solução propriamente dita. Conforme os requisitos citados, a ferramenta teria que permitir a conexão com os bancos de dados existentes. A Figura 4 apresenta a página criada a conexão com Banco de Dados já existente na ferramenta.

Tradutor de Álgebra Relacional

Conexão

Login

Senha

Banco de Dados

Conectar

[Menu principal](#)

Figura 4. Página para conexão.

Caso não tenha sido criado um banco de dados anteriormente, a ferramenta permite a elaboração de um novo modelo de dados. Em seguida, o usuário será levado para

Criar Modelo de Dados

Login

Login
root

Senha

Cadastro do Modelo de Dados

Nome do Modelo de dados:
modelo_teste

Nome da tabela:
teste

Executar

[Menu principal](#)

Figura 5. Página para criar Modelo de Dados.

páginas onde ele pode inserir colunas e tuplas no modelo criado. A Figura 5 ilustra esse processo.

A Figura 6 mostra a página principal do ambiente. Nela, o usuário pode escrever uma consulta em Álgebra Relacional (A), utilizando os operadores relacionais. Em D são listadas as relações com suas respectivas colunas do modelo de dados anteriormente criado, permitindo ao usuário a visualização gráfica. Uma consulta ao ser executada é analisada pelo analisador léxico e sintático, para saber se está léxica e sintaticamente correta. Em seguida, a ferramenta traduz e exibe essa consulta em linguagem SQL (B). Por fim, em (C) é mostrado o resultado da consulta formulada.

2.5. Resultados

Como foi possível observar, a solução proposta nesse trabalho conseguiu alcançar seus objetivos, tendo atendido a todos os requisitos elicitados na etapa inicial da metodologia. Dessa maneira, é possível realizar consultas utilizando todos os operadores de Álgebra Relacional, sendo feita uma análise léxica e sintática da expressão, exibindo o comando SQL equivalente, bem como o resultado da consulta, além de ser um ambiente web e intuitivo.

Por outro lado, ao ser formulada uma consulta errada observou-se que o analisador gerado pelo GALS não consegue indicar, exatamente, em que parte da consulta está o erro, dando apenas uma resposta genérica, ou seja, se a consulta está certa ou errada. Porém, por ser uma ferramenta voltada para o ensino e aprendizagem, esse *feedback* detalhado é

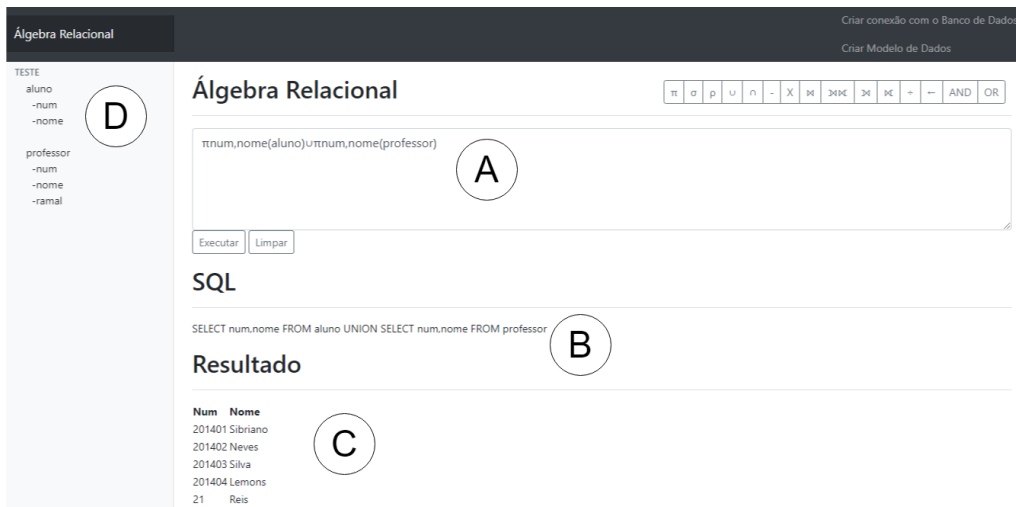


Figura 6. Página principal da ferramenta.

fundamental para o entendimento do conteúdo abordado.

Por fim, comparar os resultados produzidos por este trabalho com os relacionados na seção 1.1, não foi uma tarefa simples, pois apresentam diferentes metodologias. Todavia, a partir das características identificadas, anteriormente, traçamos um comparativo ilustrado pela Figura 7.

	ProgramAR	RelaX	RAT	ARSimples
TODAS AS OPERAÇÕES AR	✗	✓	✓	✓
AVALIAÇÃO LÉXICA E SINTÁTICA	✓	✓	✓	✓
EXIBIR SQL	✓	✗	✓	✓
EXIBIR RESULTADO	✓	✓	✗	✓
INTERFACE INTUITIVA	✓	✗	✓	✓
WEB	✗	✓	✗	✓

Figura 7. Comparação com Trabalhos Relacionados.

3. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo construir uma ferramenta para auxiliar o ensino de Álgebra Relacional, usando as tecnologias GALS para a construção de um analisador léxico e sintático, o Emscripten para compilar o código do analisador gerado e o WebAssembly, como linguagem alvo para que o analisador seja utilizado na web. A solução produzida atendeu a todos os requisitos elicitados na etapa inicial da metodologia. Assim,

é possível realizar consultas utilizando todos os operadores de Álgebra Relacional, sendo feita uma análise léxica e sintática da expressão, exibindo o comando SQL equivalente, bem como o resultado da consulta, além de ser um ambiente web e intuitivo.

Em contrapartida, ao ser formulada uma consulta errada observou-se que o analisador gerado pelo GALS não consegue indicar, exatamente, em que parte da consulta está o erro, dando apenas uma resposta genérica, isto é, se a consulta está certa ou errada. Mas, por ser uma ferramenta voltada para o ensino e aprendizagem, esse *feedback* detalhado é fundamental para o entendimento do conteúdo abordado. Também foram comparados os resultados obtidos pela solução proposta com as outras ferramentas descritas nos trabalhos relacionados e, como foi possível evidenciar, os resultados aqui produzidos atenderam a todas as características identificadas.

Como sugestão de trabalhos futuros pretende-se: permitir que a cada novo caractere inserido, seja realizada uma análise de tudo que foi escrito até aquele momento, para que o usuário possa visualizar se há algum erro antes mesmo de executar o comando; possibilitar que as consultas sejam formuladas em Cálculo Relacional; e, disponibilizar a ferramenta para teste na turma de Banco de Dados I da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) no ano/semestre 2019.2, visando a validação de questões ligadas a usabilidade, a interface e a performance.

Referências

- Aho, A. V., Sethi, R., Ullman, J. D., and Lamp, M. S. (2007). *Compiladores: princípios, técnicas e ferramentas*, volume 2. Pearson.
- Chiofi, L. C. and de Oliveira, M. R. F. (2014). O uso das tecnologias educacionais como ferramentas didáticas no processo de ensino e aprendizagem. *OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE*.
- Emscripten (2015). Introducing emscripten. https://emscripten.org/docs/introducing_emscripten/index.html.
- Gesser, C. E. (2003). Gals - gerador de analisadores léxicos e sintáticos.
- Kessler, J., Tschuggnall, M., and Specht, G. (2019). Relax: A webbased execution and learning tool for relational algebra. *Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web*.
- Murillo, J. V., Chavarría, S. B., and Rivera, S. M. (2012). Herramienta asistida por computadora para la enseñanza del Álgebra relacional en bases de datos. *UNICIENCIA*.
- Navathe, S. and Elmasri, R. (2011). *Sistemas de Bancos de Dados*, volume 6. Editora Addison-Wesley.
- Paes, E. L. (2007). Ensinar: Ferramenta didática para o ensino de Álgebra relacional.
- Prates, A., Claro, D. B., Proencia, E., and Queiroz, J. (2013). Programar - ferramenta para auxiliar o ensino em Álgebra relacional.
- WebAssembly (2017). Webassembly. <https://webassembly.org/>.