

Expressões regular em linguagem funcional: Módulo de busca usando expressões regulares implementado em Haskell

Bruno Gomes

29 de março de 2020

1 INTRODUCAO

Qualquer estudante ou profissional que esteja envolvido no ambiente da tecnologia da informação certamente já teve contato com alguma espécie de linguagem de programação em algum ponto de sua jornada. De acordo com uma pesquisa feita pelo StackOverflow, as 5 linguagens de programação mais usadas são: JavaScript, Python, Java, Linguagens de script (Bash, Powershell, Shell) e C# (**stack-overflow**). Embora essa lista de linguagens possa parecer como um conjunto heterogêneo de tecnologias, divergindo fortemente em convenções e nichos de uso, todas essas linguagens fazem parte da família de linguagens conhecidas como imperativas. Inquestionavelmente, as linguagens imperativas são muito importantes, pois as mesmas compõem a maioria do código sendo produzido diariamente, porém não são a única família de linguagens existentes. Nesse trabalho irá ser discutido o paradigma de programação funcional, uma alternativa ao paradigma imperativo que domina o mercado.

O foco desse trabalho será a criação de um módulo em Haskell para realizar buscas em textos usando expressões regulares. Durante essa jornada serão feitas comparações entre algoritmos escritos de maneira imperativa e funcional, usando as linguagens Python e Haskell, respectivamente. As expressões regulares partem da teoria da computação, mais especificamente da teoria das automatas. Será definida a teoria das automatas, como elas são capazes de processar expressões regulares e finalmente será abordado a implementação do módulo em Haskell para a busca em texto.

Embora o paradigma funcional seja muito menos disseminado, ele é de extrema importância e possuem um grande impacto fora de seu nicho. As descobertas e inovações Diferentes inovações e descobertas no paradigma funcional, de certo modo infecta as linguagens imperativas. Como exemplo disso temos que a partir da versão 8 do Java, foram introduzidas interfaces funcionais e *arrow functions*, conceitos esses que surgiram a programação funcional. Na linguagem Python, outro gigante da programação imperativa, existem as *list comprehensions*, uma maneira idiomática de se construir listas em Python. Esse recurso muito amado da linguagem foi inspirado em um recurso muito similar que existe na linguagem Haskell.

Em conclusão, embora as linguagens funcionais sejam muito menos comuns, elas definitivamente deixaram e continuam deixando marcas nos gigantes da programação. Elas transcendem seu pequeno nicho de usuários e afetam a grande maioria das

peessoas que produzem código regularmente, mesmo que muitos não tenham ciência disso. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo introduzir o paradigma funcional, focando na linguagem Haskell, realizando comparações entre os dois paradigmas e discutindo a maneira funcional de resolver certos problemas computacionais.

2 EXPRESSÕES REGULARES E PROGRAMAÇÃO FUNCIONAL

Como foi abordado na introdução, esse trabalho une dois temas: expressões regulares e programação funcional. Esses temas serão, primeiramente, discutidos separadamente, e em seguida será feita uma previa de como será feita a construção do motor de processamento de expressões regulares.

2.1 Introdução as expressões regulares

Expressões regulares, também conhecidas como *regex* (da junção do nome em inglês, *regular expression*) são utilizadas para realizar buscas complexas sobre strings. Para Cox, "expressões regulares são uma notação que descreve um conjunto de strings. Quando alguma string está no conjunto descrito pela expressão regular, pode-se dizer que essa expressão regular corresponde a esse string."(**cox**).

As regexes são utilizadas frequentemente, tanto para extrair informações que seguem um padrão ou para realizar buscas mais flexíveis ou parciais. Como exemplo, suponha o problema de extrair todas as strings que correspondem a um horário em um texto. A escrita de um horário segue uma estrutura padrão, HH:MM:SS onde HH delimita as horas, MM delimita os minutos e SS delimita os segundos. Sem ter que construir todas as possíveis combinações de horas que seguem esse formato, uma simples varredura de texto é incapaz de extrair essa informação. Esse problema pode ser resolvido tranquilamente usando regexes.

Uma expressão regular que realiza esta busca é,

$$[0 - 9]2 : [0 - 9]2 : [0 - 9]2. \quad (1)$$

Em palavras, os símbolos $[0-9]$ representa qualquer carácter numérico entre 0 e 9. O token 2 indica uma repetição, sendo equivalente à regex $[0-9][0-9]$, ou seja dois caracteres numéricos. O carácter $:$ é interpretado como o símbolo dois pontos literal. Fazendo a união, a regex acima equivale a qualquer string que tenha o formato DD:DD:DD onde D indica qualquer dígito de 0-9. Podemos ver que esse formato é exatamente o formato definido anteriormente.

É importante ressaltar que existem inúmeras variações e implementações de regexes, onde existem diferentes meta-caracteres para descrever operações. Em (**mastering**), o autor discute as diferenças em regex entre as linguagens: PHP, .NET, Java e Perl. Na documentação oficial da linguagem Python (**python-re**) é dito que o dialeto usado é baseado nas expressões regulares da linguagem Perl com alguns adicionais. Usuários UNIX também estão familiarizados com os *wildcards* presentes nos shells. Em resumo, existem vários dialetos porém o objetivo das regexes não se altera, buscar por padrões. A regex acima e todas as regexes subsequentes nesse texto serão escritos no dialeto da linguagem Perl.

2.2 Programação Funcional

Essa seção aborda o tópico sobre programação funcional e suas características de maneira resumida. Há muito a se falar sobre esse assunto pois ele é extenso e tem uma longa história. Para abordar a programação funcional será tomado um foco que toma como base a computação.

De maneira geral, programas de computadores existem para resolver problemas computacionais. Segundo (**matrix**) um problema computacional é "[...] uma especificação de entrada-saída que um procedimento tenha que satisfazer." e um procedimento é "[...] uma descrição precisa de uma computação; ele aceita entradas (chamadas de argumentos) e produz uma saída (chamado de valor de retorno)". Ou seja, independente do paradigma utilizado para resolver o problema (funcional ou imperativa), ambos são capazes de definir um procedimento para um problema computacional, a grande diferença está em como esse procedimento é definido.

Segundo (**Bird**), "programação funcional é: um método para construção de programas que enfatiza funções e suas aplicações ao invés de commands e suas execuções; programação funcional faz uso de notações matemática simples que permite que problemas sejam descritos de maneira clara e concisa. [...]". A programação imperativa foca em passos para resolver um problema, cada passo desse pode ser traduzido de maneira razoavelmente direta em instruções de uma CPU. Isso faz com que o procedimento escrito imperativamente reflita muito mais a máquina do que ao homem. O paradigma funcional tira o foco nos passos individuais para solucionar o problema e enfatiza uma estrutura para resolver o problema.

Em seguida serão abordados aspectos mais técnicos da programação funcional.

2.2.1 Funções para resolver problemas

Como visto anteriormente, a programação funcional propõe que problemas computacionais sejam resolvidos de maneira mais declarativa. O foco muda de "quais passos é preciso para resolver esse problema" para "quais transformações aplicar nas minhas entradas para produzir a saída". Um problema muito interessante para abordarmos a ideia de "transformações" pode ser o algoritmo de *merge sort*.

Para exemplificar essa ideia considere o seguinte problema. Dado uma lista de nomes, com nome, nome do meio e sobrenomes, crie uma lista com todas as combinações de primeiro nome e último nome, ignorando nomes do meio e cuja soma só aceite as combinações cuja soma do primeiro nome e último nome não excede 15 caracteres (incluindo o espaço). Para isso, ao invés de analisar o processo para processar esses dados uma boa ideia é pensar em como manipular os dados para se obter o resultado esperado. Para esse problema, sugere-se a seguinte solução:

1 - Separar cada nome da lista de nomes nos espaços e armazenar os nomes uma lista. 2 - Filtrar listas que só possuem um elemento (somente um nome). 3 - Filtrar listas e remover nomes do meio. 4 - Criar uma lista de nomes e uma lista sobrenomes. 5 - Realizar o produto cartesiano sobre essa lista e gerar uma lista de tuplas. 6 - Transformar tuplas em strings fazendo a concatenação do primeiro nome e do sobrenome.

Percebe-se que cada passo acima realiza uma única ação, sendo ela simples e clara e é interessante modelar cada um desses passos como uma função. Na linguagem Haskell o tipo dos argumentos e do retorno de uma função é dado pela notação `nomeDaFuncao :: arg1 -> arg2 -> ... -> retorno`, onde `arg1` e `arg2` definem os tipos

dos argumentos (**lipovaca**). Para identificar listas em Haskell é usado o símbolo `[]`, ou seja `[Char]` indica uma lista de caracteres e tuplas são indicadas com `()` onde `(String, String)` indica uma tupla com dois elementos, ambos strings. Podemos agora reescrever o problema acima definindo todas as funções que serão utilizadas.

Primeiramente definiremos o problema enunciado como uma função usando a notação introduzida. O problema inicial é uma função `combinarNomes :: [String] -> [String]`, ou seja uma função que recebe uma lista de Strings e retorna uma lista de Strings. Em seguida, iremos declarar a função que representa cada passo acima.

1 - `separarNomes :: [String] -> [[String]]` 2 - `tirarIncompleto :: [[String]] -> [[String]]` 3 - `removerSobrenomes :: [[String]] -> [[String]]` 4 - `gerarNomesESobrenomes :: [[String]] -> ([String], [String])` 5 - `gerarCombinacoes :: ([String], [String]) -> [(String, String)]` 6 - `concatenarNomes :: [(String, String)] -> [String]`

Segundo (**lipovaca**) a assinatura de uma função em Haskell combinado com um nome descritivo diz muito sobre a função e de fato, dados os nomes e sua assinatura, pode-se facilmente deduzir o que cada função está fazendo. O objetivo dessa seção foi dar um exemplo alto nível de como é resolvido um problema de maneira funcional.

2.3 Autômatas e expressões regulares

Como visto, as expressões regulares representam uma maneira conveniente de descrever conjuntos de string. Embora conveniente, da maneira que as expressões regulares foram introduzidas não permite uma implementação direta delas em um ambiente computacional. Essa seção faz a ligação entre esses objetos teóricos e uma descrição matemática das mesmas.

2.3.1 Definição de uma automata

Segundo (**comp**), as automatas modelam um computador com uma quantidade minúscula de memória. A ideia central de uma automata é representar uma estrutura computacional a partir de um conjunto de estados e entradas.

Os estados da automata constitui um conjunto denominado de Q , o conjunto de estados. Dentre esses estados existe um único estado inicial da automata chamado de $q_p \in Q$. Automatas recebem entradas a partir de símbolos, o conjunto de todos os símbolos reconhecidos por uma automata constitui um conjunto Σ chamado do alfabeto da automata. Os estados da automata podem ou não estar conectados, quando existe uma conexão entre dois estados essa conexão é representada por um símbolo. As transições entre estados de uma automata é representado por uma função δ onde $\delta : Q \times \Sigma \mapsto Q$, ou seja δ recebe dois argumentos, um estado e um símbolo e mapeia esse par a um estado. Finalmente, a automata possui um conjunto de estados de aceitação F , onde $F \subseteq Q$, caso a automata termine sua execução em um estado $q \in F$, o string de entrada foi aceito pela automata. Formalmente, então, uma automata é uma tupla com 5 elementos $(Q, \Sigma, \delta, q_o, F)$ (**comp**).

A partir da descrição formal de uma automata, podemos definir uma rotina de computação. De maneira breve, o objetivo dessa rotina é verificar se após processar a entrada, a automata se encontra em um estado de aceitação.

Como foi visto, uma automata recebe um conjunto de entradas que define seu alfabeto Σ . Deseja-se definir um procedimento onde dado um string de entrada w cujo todos elementos $w_i \in \Sigma$ e uma automata M no seu estado inicial, se após ler todos os elementos w_i de w a automata está em um estado $q \in F$, ou seja um estado

de aceitação. Caso essa proposição seja verdadeira, é dito que M aceita w (**comp**). Formalmente, segundo (**comp**) M aceita $w = w_1w_2...w_n$ se: existe uma sequência de estados $r_0, r_1, ..., r_n \in Q$ se $r_0 = q_0$; $\delta(r_i, w_{i+1}) = r_{i+1}$, para $i = 0, ..., n - 1$; $r_n \in F$.

O ponto chave dessa discussão é apresentado por (**comp**), onde foi provado que é possível construir uma automata para qualquer expressão regular. Sendo assim, é possível definir padrões de busca usando uma expressão regular, converter essa expressão regular para uma automata e usar essa automata para realizar a busca pelo padrão em um string.

2.4 METODOLOGIA

Como explicado na introdução, o foco deste trabalho é demonstrar alguns elementos da programação funcional. Para isso, foi escolhido o problema de implementar um módulo de busca de strings usando expressões regulares. Será escolhido trechos de código especialmente interessante do módulo escrito que serão explicados a fundo.

Foi visto que uma expressão regular pode ser convertida em uma automata equivalente. Sendo assim, o problema possui duas tarefas: criar submódulo para converter uma regex em uma automata e implementar um submódulo que permita criar e operar uma automata. Será definida a arquitetura de cada submódulo tal como o encadeamento de funções que serão chamadas para resolver cada problema, análogo ao que foi feito anteriormente. Será explicado de maneira alto nível o que cada função faz baseada em suas entradas e saídas, isso irá motivar a introdução de tipos de dados únicos a programação funcional.

Além dessa inspeção de "caixa preta" das funções, os pontos principais do módulo será explicado em detalhe, o que permitirá detalhar sobre conceitos importantes no paradigma funcional. Será feita uma comparação de trechos escrito de maneira funcional com o seu equivalente em linguagem imperativa. Essa comparação tem dois objetivos: introduzir conceitos referentes a linguagem funcional e identificar em quais situações um código funcional é mais simples, ou mais complexo, que o seu equivalente de maneira imperativa. Para introduzir os conceitos do paradigma funcional, o código irá ser projetado tal que demonstre as diferentes ferramentas que compõe a caixa de ferramentas de um programador funcional. As ferramentas simples abordam conceitos como imutabilidade e recursão e as ferramentas mais complexas irá introduzir abstrações muito peculiares da programação funcional tal como *Functors* e *Applicative Functors*. A metodologia escolhida tem como objetivo ser transparente quanto aos lados bons e ruins da programação funcional e também auxiliar a associação do paradigma imperativo ao funcional. Dessa forma, um leitor familiar com programação imperativa poderá entender como um problema resolvido de maneira imperativa pode ser traduzido para um algoritmo funcional.

Em conclusão, o trabalho irá resolver o problema de criar um módulo de procura em texto usando expressões regulares. Primeiro o problema será quebrado em funções, exemplificando como resolver um problema a partir de funções ao invés de passos. O código fonte do módulo criado será usado para introduzir conceitos sobre o paradigma funcional e familiarizar o leitor com algumas ferramentas. Ao mesmo tempo, trechos de códigos funcionais serão comparados com seu equivalente escrito em uma linguagem imperativa, o que permitira associar conceitos imperativos a funcionais e expor os pontos fortes e fracos desse paradigma.

3 CONSIDERACOES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi expor alguns conceitos por traz do paradigma funcional e demonstrar como esses conceitos são úteis através da construção de um módulo de processamento de expressões regulares. O módulo foi implementado usando a linguagem Haskell, uma linguagem somente funcional.

Primeiramente, foi explicado o que são regexes, do ponto de vista de um usuário e quais problemas elas resolvem. Em seguida foi explicado, a partir de exemplo, como o paradigma funcional diferente do paradigma imperativo. Finalmente, foram introduzidas automatas, sua descrição formal, o algoritmo para avaliar uma automata e como regexes são equivalentes a automatas.

A partir desses conceitos foi explicado o método a ser utilizado nesse trabalho e um pouco mais sobre o objetivo. O trabalho tem o foco de introduzir o paradigma funcional a partir de um problema real (processamento de regex). Foi dado um exemplo de como pensar sobre um problema de maneira funcional, a partir de funções e como criar sequências de funções para transformar a entrada no produto final. Após isso foi feita a análise do código fonte, escrito de maneira funcional, onde foram introduzidas ferramentas referentes a esse paradigma. Essa abordagem permitiu expor os pontos fracos e fortes do paradigma e também como fazer o que essas ferramentas fazem em uma linguagem imperativa.

Em conclusão, esse trabalho tem o objetivo de mostrar um mundo diferente da programação, um mundo que vem sido incorporado às linguagens imperativas, mesmo que muitos programadores desconheçam suas origens.

4 CRONOGRAMA

Seq.	Fases	Atividades	Projeto de pesquisa
1	1a Fase - projeto de pesquisa	Definicao do tema	Dez/19, Jan/20
1	1a Fase - projeto de pesquisa	Estudo Haskell	Dez/19 - Abr/20
2	1a Fase - projeto de pesquisa	Pesquisa Regex e algoritimos	Fev/20 - Abr/20
3	1a Fase - projeto de pesquisa	Escrever projeto de pesquisa	Jan/20 - Mar/20
4	2a Fase - TCC	Planejar Algoritimo	Abr/20
5	2a Fase - TCC	Implementar modulo	Abr/20 - Jun/20
6	2a Fase - TCC	Escrever Relatorio	Jun/20 - Jul/20
7	2a Fase - TCC	Revisao	Jun/20 - Jul/20