

# Indicação de Rotas com Base na Sazonalidade e no Perfil do Turista Utilizando Técnicas de Computação Evolucionária

Diego de Siqueira Braga<sup>1</sup>, Rafael Cordeiro de Barros<sup>2</sup>, Cristóvão Zuppardo Rufino<sup>1</sup>, Edgar Wellington Almeida<sup>1</sup>, Felipe Tenório Ferrer<sup>1</sup> e Fernando Buarque de Lima Neto<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade de Pernambuco (UPE), Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)  
{dsb,czr,ewa,ftf,fbln}@ecomp.poli.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Informática (Cin)  
rcb4@cin.ufpe.br

**Abstract** – This article presents a study on genetic algorithms applied to a combinatorial problem, where the search space is very large, with the aim of generating tourist routes. The routes are based on the preferences of tourists (i.e. elements that he wishes to be present in cities the route generated) in addition to considering the period of the year when tourists plan to travel.

**Keywords** – Computação Inteligente, Algoritmos Genéticos, Geração de Rotas, Turismo.

## 1 Introdução

Em termos quantitativos, o turismo é, indubitavelmente, uma atividade fundamental para a economia mundial. No Brasil é uma atividade econômica importante em várias regiões do país. Com 5,16 milhões de visitantes estrangeiros em 2010 [1] o Brasil é o principal destino do mercado turístico internacional na América do Sul, e ocupa o segundo lugar na América Latina em termos de fluxo de turistas internacionais [2].

O turismo doméstico representa uma parcela fundamental do setor; contabilizando mais de 50 milhões de viagens anualmente [3] a receita direta gerada pelo turismo interno em 2010 foi de 33 bilhões de dólares [4] – quase seis vezes mais do que é captado pelo país em relação ao turismo estrangeiro [3].

Apesar dos números impressionarem, o Brasil tem um potencial turístico ainda pouco explorado. Esses números poderiam ser mais expressivos se existisse uma maneira de mapear os interesses dos turistas com as mais diversas regiões de importância histórica, cultural e paisagística do país.

Visando ajudar a promover o desenvolvimento turístico sustentável do Brasil os autores desse artigo propõem a criação de uma ferramenta, utilizando técnicas de computação inteligente, como algoritmos genéticos [6], que seja capaz de selecionar uma boa rota baseada no perfil do turista, levando em consideração fatores turísticos diversos presentes em cada cidade como, por exemplo, hospedagem, alimentação e atrações culturais. Além disso inclui o fator de sazonalidade, permitindo que o roteiro seja adaptado de acordo com o período informado pelo turista.

A sequência deste artigo se enquadra da seguinte forma: a seção 2 irá apresentar dados relativos ao turismo destacando os principais fatores que envolvem uma viagem turística e uma análise destes fatores. Na seção 3, é explanada uma visão geral teórica sobre os algoritmos genéticos, na seção 4 uma abordagem proposta para a resolução do problema e na seção 5 é mostrado o estudo de caso com os experimentos e os resultados obtidos através da abordagem proposta. Por fim, a seção 6 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros referentes a esta pesquisa.

## 2 Fatores Turísticos

Fatores turísticos são os elementos que influenciam o turista a decidir por um destino. O fator decisório para uma viagem não se estabelece baseado em uma única razão isolada, mas sim em um conjunto de atrativos e condições.

Diversos fatores devem ser observados pelo turista para a realização de um roteiro de viagem. Tempo, custo, tipo de transporte, hospedagem, região de destino e alimentação são só alguns exemplos desses fatores. Em uma viagem bem planejada o turista consegue evitar o desperdício de tempo em paradas desinteressantes, além de ter a oportunidade de conhecer mais cidades e lugares que atendam as suas preferências.

Para que se consiga construir roteiros voltados ao perfil de um turista, ou seja, que as cidades do roteiro possuam fatores que atendam as expectativas do turista, é necessário fazer uma análise sobre uma enorme quantidade de dados que na maioria das vezes são imprecisos ou indisponíveis.

A partir de um perfil de turista e de um grupo de cidades, previamente classificadas quanto aos seus fatores turísticos, torna-se possível avaliar cidades e definir um roteiro que possua a melhor combinação de cidades com características semelhantes ao perfil do turista.

Para avaliação da atratividade de uma cidade para um determinado turista é necessário classificar cada fator turístico nas diversas cidades, atribuindo níveis de disponibilidade ou satisfação de cada fator. Para o estudo de caso foi realizada a

classificação de algumas cidades do Estado de Pernambuco. O Estado de Pernambuco está localizado no Centro-leste da região Nordeste do Brasil e é composto por 184 municípios e o território de Fernando de Noronha [5].

A classificação das cidades levou em consideração dados extraídos do Guia Quatro Rodas[6], bem como informações disponíveis no site do Governo do Estado de Pernambuco [5]. Foram selecionados 25 fatores turísticos, que estavam presentes na maioria das bases de dados, para a classificação das cidades.

A Tabela 1 apresenta a lista dos fatores utilizados no estudo de caso e a Tabela 2 ilustra o exemplo de classificação para a cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco.

**Tabela 1.** Fatores turísticos selecionados para o estudo de caso.

Fatores	
1. Shows/Atrações culturais	14. Hotéis, pousadas e flats [MÉDIO CONFORTO]
2. Construções Históricas	15. Hotéis, pousadas e flats [SIMPLES]
3. Apoio ao turista	16. Restaurante [Média de gastos < R\$20]
4. Praias	17. Restaurante [R\$21 < Média de gastos < R\$40]
5. Cachoeiras	18. Restaurante [R\$41 < Média de gastos < R\$60]
6. Artesanato/Compras	19. Restaurante [Média de gastos > R\$60]
7. Parques e reservas	20. Aeroporto
8. Eco turismo	21. Terminal Rodoviário
9. Bons Hospitais	22. Locadoras de Veículos
10. Bancos e Caixas eletrônicos	23. Segurança
11. Hotéis, pousadas e flats [LUXO]	24. Transporte local
12. Hotéis, pousadas e flats [MUITOCONFORTÁVEL]	25. Vida noturna
13. Hotéis, pousadas e flats [CONFORTÁVEL]	

**Tabela 2.** Classificação da cidade de Recife quanto aos Fatores Turísticos. A escala utilizada para essa classificação varia de 0 a 5, onde 0 é o pior resultado e 5 é o melhor resultado para o fator avaliado.

Fatores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
RECIFE	2	4	3	5	0	3	0	0	5	5	4	3	5	5	5	4	3	5	4	5	5	3	0	3	5

### 3 Algoritmos Genéticos

Os Algoritmos Genéticos (AG) são métodos heurísticos de busca e otimização que se baseiam nos processos naturais de evolução, provindos das ideias da seleção natural propostas por Charles Darwin [7]. A origem deste termo é atribuída a John Holland e apresentada em [8]. Desde então, estes algoritmos foram sendo estudados e atualmente são uma boa alternativa para otimizações de funções que envolvem um grande número de variáveis e com espaços de busca de dimensões elevadas, sendo indicados principalmente para problemas com soluções não polinomiais (NP) [9].

#### 3.1 Características de um Algoritmo Genético

Uma das vantagens dos AG's é a simplificação que eles possuem para a formulação e solução de um problema. Estes algoritmos trabalham com uma função objetivo e descrições de soluções que são avaliadas a cada iteração. Quando necessário, é gerado um novo conjunto de soluções. Estes processos, então, são repetidos até que esse conjunto seja satisfatório. Devido a esta característica, em alguns casos, os AG's podem convergir mesmo quando outras formas de otimização falharem.

Além disso, os algoritmos genéticos possuem diversas características que os diferem dos tradicionais, pois apresentam como saída um conjunto de soluções ao invés de apenas uma; necessitam apenas de uma função de avaliação do resultado; não requerem nenhum conhecimento derivado do problema e, principalmente, utilizam transições baseadas em probabilidades ao invés de regras determinísticas, o que pode realmente acarretar em um diferencial de tempo de convergência significativo.

#### 3.2 Operadores

Como dito anteriormente, AG's são baseados nos processos naturais de evolução os quais fazem referência à biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação genética (*crossing-over*). Estes comportamentos são modelados e simulados computacionalmente dentro do algoritmo através de seus operadores.

Os operadores básicos de um AG são (i) seleção: necessária para a escolha da solução do problema; (ii) cruzamento: responsável pela criação de novas soluções e (iii) mutação: capaz de realizar pequenas modificações em uma solução. Esta seção é encarregada de explicar o funcionamento de cada operador utilizado nesta pesquisa.

Na fase de seleção, cada solução, chamada no AG de indivíduo, é avaliada de acordo com a função objetivo do problema, chamada aqui de aptidão (*fitness*). Cada indivíduo tem uma probabilidade de ser selecionado proporcional à sua aptidão. Assim, mesmo indivíduos considerados como soluções ruins para o algoritmo, possuem pequenas chances de serem escolhidos, pois podem conter características essenciais para uma boa resolução do problema. Esta forma de seleção é denominada amostragem universal estocástica, mais comumente chamada de método da roleta [10] no âmbito da inteligência computacional.

Para um melhor entendimento do método de seleção acima descrito, pode-se considerar um círculo dividido em 'n' regiões, sendo 'n' o número de indivíduos da população atual do algoritmo. Estas regiões devem ser repartidas em tamanhos proporcionais às aptidões calculadas e referenciadas a cada indivíduo. Coloca-se, então, uma roleta sobre este círculo e após efetuar seu giro, obtém-se a posição do cursor que indica qual indivíduo foi selecionado. A Figura 2 apresenta uma ilustração deste método de seleção.

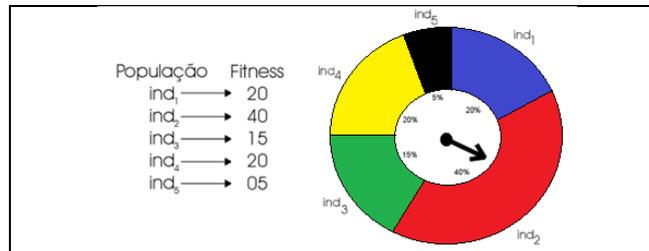


Figura 2 – Método amostragem universal estocástica ou Método da Roleta.

Outro operador mencionado é o cruzamento, geralmente realizado após o processo de seleção. O cruzamento consiste em utilizar dois indivíduos previamente selecionados e realizar algum tipo de operação para criação de novos indivíduos. O processo de cruzamento pode variar de acordo com a modelagem do indivíduo no algoritmo genético[11]. No entanto, um dos processos mais utilizado quando os indivíduos possuem características binárias ou inteiras é o processo de cruzamento de ponto único, onde um ponto é escolhido e a partir deste os genes dos pais serão trocados. O novo indivíduo é formado a partir das informações anteriores ao ponto selecionado provenientes de um dos pais e as informações posteriores provenientes do outro par do cruzamento. A figura 3 apresenta uma ilustração deste processo.

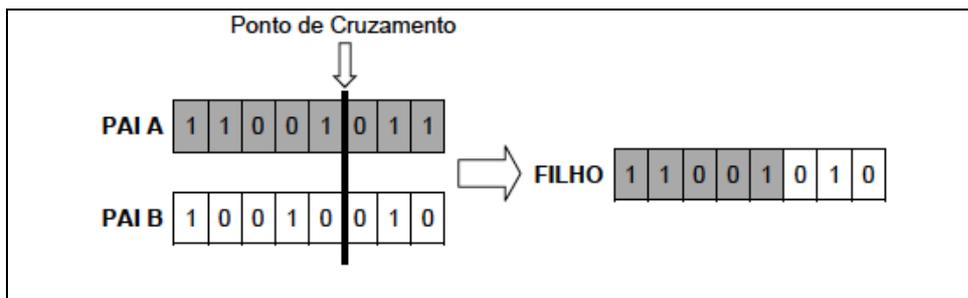


Figura 3 – Método de cruzamento de ponto único.

Em um algoritmo genético também é encontrado o operador de mutação de genes dos indivíduos. Esta operação é comumente utilizada para garantir uma maior varredura do espaço de busca e evitar que o algoritmo acabe convergindo muito rápido para mínimos locais. Uma mutação é realizada através da alteração do valor em alguma característica do indivíduo, denominada gene. Apenas indivíduos sorteados pseudoaleatoriamente e com uma pequena probabilidade previamente definida, são selecionados para sofrer o processo de mutação. Probabilidade de mutação muito alta pode acarretar em buscas essencialmente aleatórias, pois muitos indivíduos de uma iteração serão alterados.

### 3.3 Funcionamento de um Algoritmo Genético

Qualquer processo evolutivo é originado por uma população inicial e por isso um algoritmo genético também modela esse conceito. Uma população é formada por um conjunto de indivíduos, onde cada indivíduo possui um conjunto de características denominadas, neste domínio, por genes. Nos AG's, cada integrante da população é mapeado como uma entrada válida para uma função objetivo e cada gene modelado como um determinado parâmetro para esta função [12].

Na maioria dos casos, uma população inicial é gerada de forma aleatória, ou seja, indivíduos são gerados e sorteados de forma estocástica, mas em alguns casos esse processo pode ser feito com o auxílio de algum especialista a fim de gerar integrantes com características mais aptas à resolução do problema, auxiliando a convergência do algoritmo.

O algoritmo genético funciona através de um processo iterativo, onde cada iteração, denominada de geração, consiste em avaliar a população atual de acordo com a aptidão de cada indivíduo. Os indivíduos mais aptos possuem maior probabilidade de prosseguirem para a próxima geração. Existem diferentes métodos para a realização desta seleção: o elitismo, onde os mais aptos são selecionados ou o método da roleta explicado anteriormente na seção 3.2. Nos AG's também é incorporado o processo de cruzamento que é encarregado de gerar novos indivíduos para a nova iteração do algoritmo, um dos métodos mais utilizados para este procedimento também foi explicado na seção 3.2.

Em resumo, para cada geração do algoritmo é necessário existir uma população, a qual é submetida a um processo sequencial de seleção, cruzamento e mutação com o objetivo de obter novos indivíduos utilizados pelo AG na próxima geração. A figura 4 apresenta um fluxograma de representação do funcionamento do algoritmo.

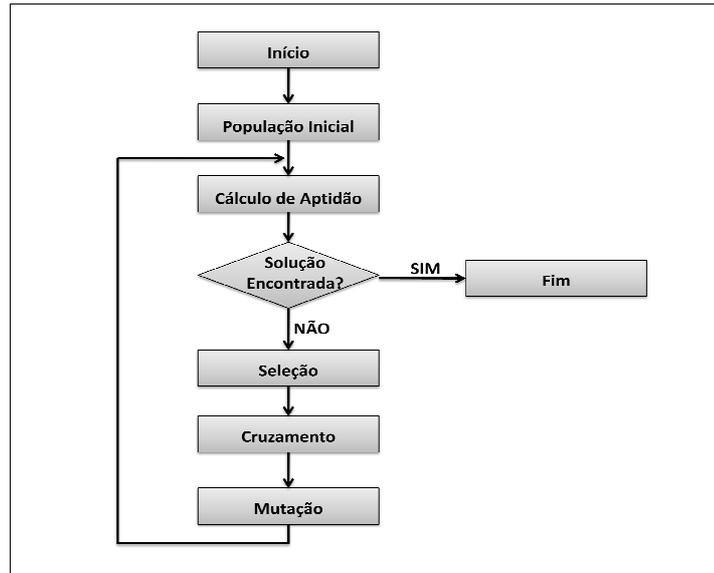


Figura 4– Fluxograma de funcionamento de um algoritmo genético básico.

De acordo com a figura 4, o fim do algoritmo é definido pela resposta à questão de solução encontrada. Portanto, é essencial garantir que em algum momento essa resposta seja afirmativa, evitando a continuação infinita do algoritmo. Este critério de parada em algoritmos genéticos geralmente se refere a um conjunto de indivíduos satisfatórios para a resolução do problema. No entanto, em alguns casos é inviável ou até impossível definir esse critério devido à complexidade do domínio. Neste caso, geralmente se utiliza um número máximo de gerações para o algoritmo definido de forma empírica.

#### 4 Abordagem Proposta

A fim de prover o turista com uma ferramenta de auxílio que considere de fato suas preferências, propõe-se utilizar algoritmos genéticos para obtenção de rotas com o objetivo de maximizar a satisfação dos turistas de acordo com as suas preferências. Na abordagem proposta, cada indivíduo do algoritmo genético é representado por um conjunto de cidades, as quais se referem a uma indicação de rota para o turista. Logo, uma população do AG proposto é formada por um conjunto de possíveis rotas e cada gene de um indivíduo representa uma cidade e suas características turísticas. A figura 5 ilustra um exemplo de população para o algoritmo genético proposto.

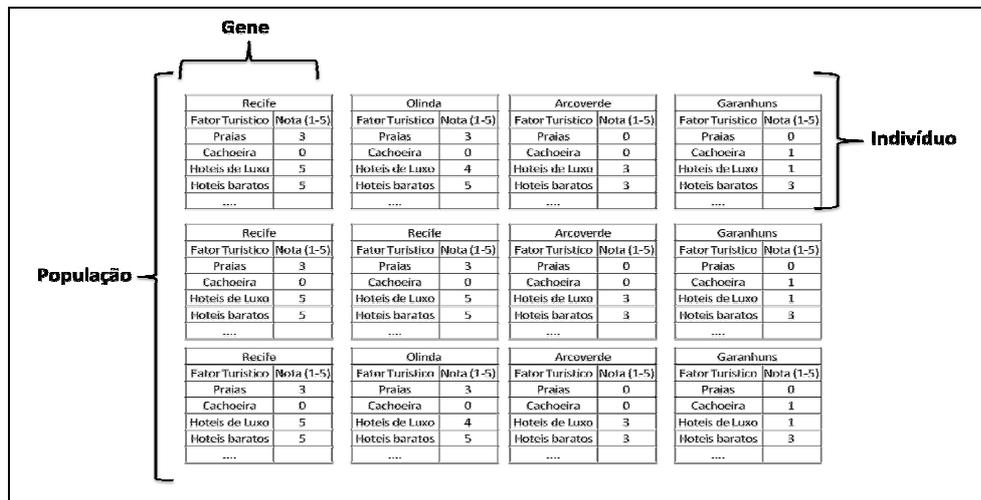


Figura 5. Exemplo de população, indivíduos e genes para o algoritmo genético proposto.

#### 4.1 Gene

Como dito anteriormente é proposto que cada gene do cromossomo represente uma cidade e suas características. Dentre elas se faz necessário o uso dos fatores turísticos, utilizados para comparação com o perfil do turista, e sua localização geográfica, utilizada para calcular a distância total estimada para outras cidades. É importante salientar que um mesmo gene pode aparecer repetidas vezes num mesmo cromossomo, indicando que o turista deve passar na referida cidade, um tempo proporcional à quantidade de repetições.

## 4.2 Cromossomo

O cromossomo, também denominado como indivíduo, representa uma solução em potencial nos algoritmos genéticos. Nesta pesquisa, os cromossomos representam um conjunto de cidades que simbolizam uma indicação de rota ao turista. Comumente, nos AG's estes indivíduos possuem tamanhos fixos. Entretanto, na abordagem aqui proposta são utilizados cromossomos com tamanhos distintos limitados para possuírem de 1 (um) a 9 (dez) genes no máximo. Este tamanho, por sua vez, é definido no momento de criação de cada um dos indivíduos através do sorteio de um número inteiro entre 1 e 9.

Vale ressaltar que o algoritmo desenvolvido também leva em consideração a distância entre as cidades incluídas no indivíduo. No entanto, apenas a distância total necessária para percorrer as cidades, partindo do primeiro gene do cromossomo até o último, foi levada em consideração no cálculo da função de aptidão. Devido a essa característica do algoritmo, é necessário ordenar os genes repetidos antes de efetuar o cálculo de aptidão do indivíduo, evitando assim desperdício de tempo para o turista. A figura 6 apresenta um caso em que é preciso efetuar esse tipo de procedimento.

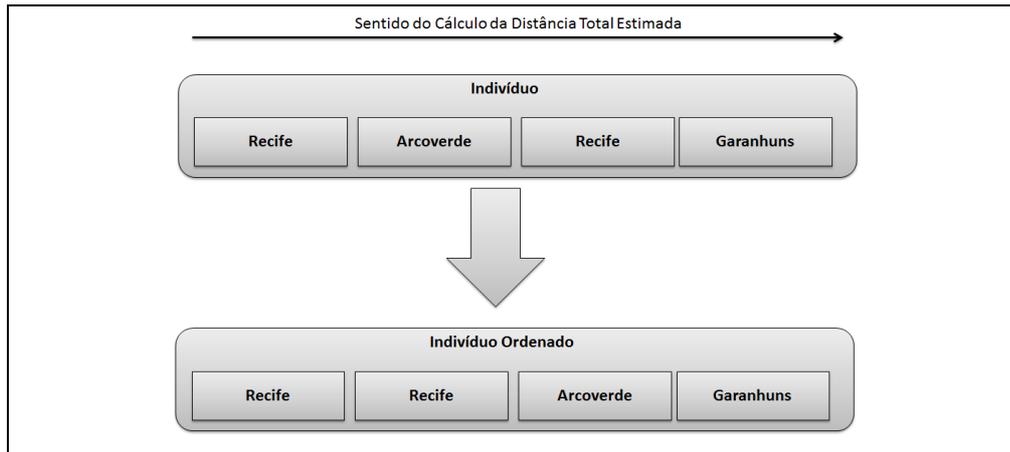


Figura 6. Processo de ordenação dos genes com repetição.

## 4.3 População Inicial

A população inicial do algoritmo genético é realizada através da criação, geralmente aleatória, de um conjunto de cromossomos. O tamanho da população nesta pesquisa é constante e é definido como parâmetro de entrada do algoritmo. O processo de criação de cada cromossomo para esta população se inicia com a definição da cardinalidade do conjunto de genes. Após esta etapa, são feitas então seleções aleatórias no conjunto de genes existentes em uma base de dados, de acordo com o tamanho definido para o cromossomo. Por fim, o processo de ordenação dos genes repetidos, explicado anteriormente, é executado.

## 4.4 Cálculo de Aptidão

A função de aptidão, ou *fitness*, nos AG's tem um papel fundamental na qualidade do resultado do algoritmo, pois é atribuída a ela a responsabilidade de indicar quais soluções estão mais aproximadas à solução do problema. Neste trabalho a função de *fitness* calcula a similaridade das características de cada gene pertencente ao cromossomo levando também em consideração a distância total entre as cidades, penalizando rotas que possuem distância total elevada. É levada em consideração também a quantidade de cidades repetidas dentro de um cromossomo, de modo que o valor do *fitness* é inversamente proporcional à quantidade de repetições. Esta relação foi desenvolvida para evitar que um cromossomo não possua muitas cidades iguais, já que a distância entre cidades repetidas possui o valor zero, ocasionando um grande valor para a função de aptidão. Em resumo, apesar de o fator distância elevar o valor do *fitness* a penalização pelo número de repetição o diminui.

O cálculo da função de *fitness* então foi idealmente concebido e ajustado de forma empírica para obter um bom funcionamento diante de todas essas variáveis mencionadas. As equações (1) e (2) apresentam em termos matemáticos este cálculo:

$$F(x) = \frac{\alpha \sum_{k=0}^{m-1} f(k,m) + \beta \frac{1}{D}}{\alpha + \beta} \quad (1)$$

Onde  $x$  é o cromossomo a ser avaliado,  $m$  é a quantidade de genes no cromossomo,  $\alpha$  é o peso do fator da configuração dos genes,  $\beta$  é o peso do fator da distância,  $D$  é a distância total entre as cidades normalizado para não tornar o valor final do *fitness* discrepante e  $f(k, m)$  é a função de similaridade do gene  $k$ , definida como:

$$f(x, m) = \frac{(\sum_{i=0}^{n-1} U_i C_i)}{(\sum_{i=0}^{n-1} U_i)^R}_m \quad (2)$$

Onde  $x$  é o gene a ser avaliado,  $n$  é a quantidade de fatores turísticos do gene,  $U_i$  é o valor da propriedade  $i$  do perfil do turista,  $C_i$  é o valor da característica do gene  $x$  e  $R$  é a quantidade de repetições do gene dentro do cromossomo avaliado.

#### 4.5 Critérios de Seleção

Neste trabalho foram desenvolvidos dois tipos de seleção: (i) sobrevivência e (ii) cruzamento. A primeira delas é definida como um parâmetro do algoritmo e representa a porcentagem dos melhores indivíduos que passarão para a próxima geração. Neste trabalho a taxa de sobrevivência para todas as simulações foi definida como sendo 50%, ou seja, para cada nova geração, metade dos indivíduos da população atual é escolhida através do método da roleta para sobreviverem e fazer parte da nova geração. A outra metade da população é dispensada e refeita a partir dos cruzamentos entre cromossomos da população atual.

A seleção de cruzamento é responsável por eleger pares de indivíduos que serão submetidos ao processo de cruzamento. Esta seleção também é realizada através do método da roleta. É importante ressaltar que foi definida uma taxa de 95% para a possibilidade de ocorrer o cruzamento entre o par eleito pelo operador de seleção. Caso não ocorra o cruzamento, um novo par deve ser escolhido e avaliado antes da realização do cruzamento. Este processo deve se repetir até que o tamanho da população da nova geração seja igual ao tamanho da população atual.

#### 4.6 Cruzamento

Após dois cromossomos serem eleitos e confirmados para realizar o cruzamento é gerado apenas um novo indivíduo apenas e é construído da seguinte maneira: é escolhido um número aleatório entre 1 e 9 que vai determinar a quantidade de genes que o filho irá possuir. Após determinada essa quantidade é feito então um método da roleta com o conjunto de genes dos pais. Caso os pais possuam genes iguais estes não são desconsiderados e terão uma maior chance de serem selecionados. Caso o número de genes que compõe o filho seja maior que a cardinalidade dos conjuntos dos pais somados, é feito o método da roleta no conjunto de genes armazenados na base de dados e inseridos no filho. Essa segunda roleta é repetida até que o filho alcance a quantidade de genes determinada para o novo cromossomo.

#### 4.7 Mutação

No algoritmo genético desenvolvido através dessa pesquisa foi utilizada uma taxa de mutação de 1%, ou seja, cada indivíduo possui apenas um por cento de chance de sofrer algum tipo de mutação. Essa taxa de mutação é pequena para evitar que as escolhas sejam muito diferentes do gosto do turista. Caso o cromossomo seja sorteado, um gene pode ser modificado, removido ou inserido dependendo mais uma vez de uma escolha aleatória. No primeiro e segundo tipo de mutação algum gene do cromossomo é escolhido para ser substituído ou removido, respectivamente. Em caso de inserção de gene, uma cidade é sorteada e é inserida para o indivíduo mutante.

#### 4.8 Critério de Parada

Como foi dito na seção 3.3, um algoritmo genérico necessita de algum critério de avaliação de parada. No caso do algoritmo aqui proposto, dois critérios poderiam ser adotados: (i) o número de gerações e (ii) o grau de variabilidade entre os indivíduos nas últimas 'n' gerações. No entanto, por questões de simplicidade, neste trabalho foi desenvolvido apenas o critério mencionado em (i).

#### 4.8 Algoritmo Proposto

Esta seção destina-se à apresentação do algoritmo elaborado baseando-se em todo conhecimento até agora exposto. É imprescindível, antes de iniciar a execução do algoritmo, a preparação da base de dados. Para isso, é necessária a classificação dos fatores turísticos para cada cidade do domínio agrupados por período (mensal). Este agrupamento será utilizado para carregar os valores corretos dos fatores para as cidades. Por exemplo, caso os fatores turísticos para as cidades possuam valores diferentes para os meses de janeiro e junho e o perfil do turista informar que a preferência da viagem é para o mês de junho, as cidades devem ser carregadas apenas com os valores referentes ao período de escolha do turista.

O início do algoritmo pressupõe a preparação dos dados de acordo com a sazonalidade. Após esta etapa é definida a população inicial de forma aleatória, ordenando genes repetidos em cada indivíduo, e partir desta etapa se inicia o controle das gerações do algoritmo genético. A cada ciclo, Executa-se a seleção de sobrevivência e o processo de cruzamento para a criação da nova população. Após a criação dos cromossomos dessa nova geração, executa-se o processo de mutação e por fim ordenam-se novamente os eventuais genes repetidos em algum indivíduo. Este processo é reproduzido até que o algoritmo atinja o número máximo de gerações estipulados como parâmetro. A seguir é apresentado o pseudocódigo do algoritmo proposto:

---

**Algoritmo 1.** Pseudocódigo para o Algoritmo Genético Proposto.

---

1. Gerar População Inicial usando o método da roleta conforme sessão 3.2, para os genes que tem características mais semelhantes as do usuário.
2. Enquanto não atingir condição de parada conforme 4.8 faça
  - a. Para cada individuo da População
    - i. Calcular Aptidão conforme 4.4.
  - b. Aplicar critérios de seleção na População conforme 4.5.
  - c. Aplicar Cruzamento conforme 4.6.
  - d. Para cada individuo da População
    - i. Aplicar Mutação conforme 4.7

---

## 5 Estudo de Caso

### 5.1 Experimentos

Cada um dos experimentos presentes nessa seção foi executado 30 vezes para gerar os dados amostrais comentados a seguir. As execuções retornam sugestões de rotas turísticas, levando em conta o perfil preenchido pelo turista e a data de referência selecionada.

#### Experimento 1

Esse experimento constitui o perfil do turista como sem nenhum interesse, ou seja, todos os fatores que compõem o perfil do turista são 0 (zero) utilizando Janeiro como mês de referência. Os resultados das simulações obteve uma média de 80,01465 com desvio padrão igual a 0,0495469. Observa-se que os resultados foram muito próximos, uma vez que o desvio padrão foi baixo. Por ter o perfil nulo, a aptidão dos genes era igual a 0 (zero), uma vez que se tornou uma soma de produtos nulos. A influência no *fitness* do cromossomo se deu pelo peso da distância do cromossomo  $\beta$  dividido pela distância total D. Desta maneira observou-se os cromossomos com cidades repetidas tinham um *fitness* maior, independente de quais cidades eram.

#### Experimento 2

Perfil de turista com todos os filtros utilizando Janeiro como mês de referência. A média dos *fitness* dos cromossomos resultantes foi igual a 90,02544 e o desvio padrão foi igual a 6,697928. Observou-se que com todas as características iguais a 1, os resultados foi constituído das cidades que possuíam mais características maiores que zero. Como o cromossomo é penalizado pela repetição de cidade, os melhores resultados foram constituídos de pequenas repetições - 2 ou 3, das cidades que mais possuíam características diferentes de 0 (zero). As principais cidades obtidas foram Recife, que esteve em todos os resultados, Olinda (presente em 29 dos 30 resultados), Arcoverde (presente em 27 dos 30). Uma das principais diferenças entre os resultados deste experimento foi a quantidade de repetições de cada uma das cidades citadas.

#### Experimento 3

Esse experimento foi constituído a partir de um perfil do turista com fatores alternados, sendo mostrado em (3). Os resultados das simulações apresentaram um *fitness* com uma média de 89,83219 e Desvio padrão igual a 6,745214. Recife, Olinda e Jaboatão estiveram entre as cidades mais frequentes nos resultados.

(3)

Fatores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Filtro	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

#### Experimento 4

Perfil de turista em que o filtro selecionado não atenda nenhuma cidade e utilizando Janeiro como mês de referência. Nesse perfil observou-se uma média dos *fitness* de 46,59478 com desvio padrão igual a 4,28346. Esse experimento mostrou que preponderaram as repetições das cidades que tivessem os maiores valores para as características que fossem de interesse do turista.

#### Experimento 5

Perfil de turista com o filtro (4) selecionado e utilizando Janeiro como mês de referência.

Esse experimento constitui em um perfil de turista onde os fatores selecionados são atendidos pela maioria das cidades. Nesse perfil observou-se uma média dos *fitness* de 140,1308 com desvio padrão igual a 12,15739. Esse experimento mostrou uma diversificação nas rotas, com poucas repetições das cidades.

(4)

Fatores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Filtro	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0

## 6 Conclusões

Este artigo apresentou a construção e utilização de um Algoritmo Genético para a geração de rotas turísticas baseadas no perfil do turista.

### 6.1 Discussões

De acordo com os resultados obtidos dos experimentos no item 5, algoritmos genéticos se mostraram uma ferramenta bastante poderosa para geração de rotas, de acordo com um perfil desejado. Pôde-se perceber que mesmo não gerando resultados que atendessem totalmente ao perfil desejado foram obtidos resultados satisfatórios que atenderam os requisitos solicitados agrupando várias soluções subótimas gerando uma solução ótima. Verificou-se que esta abordagem de algoritmo genético possui grande potencial de aplicação.

### 6.2 Trabalhos Futuros

Ao final deste trabalho, algumas melhorias e trabalhos futuros foram identificados a fim de melhorar as contribuições desta pesquisa e são explicitadas a seguir:

- A classificação dos fatores turísticos para este artigo foi feita sem o auxílio de um especialista, possivelmente desconsiderando fatores importantes na decisão de um roteiro turístico. A ideia dessa melhoria é dotar o sistema da inteligência de um especialista em turismo utilizando, para isso a técnica de sistemas especialistas [13] para efetuar a classificação dos fatores turísticos.
- Além da sazonalidade, a inclusão de novas restrições como, por exemplo, distância, custo e tempo gasto em uma viagem iriam tornar ainda mais realísticas as simulações das rotas turísticas, além de oferecer mais informações ao turista.
- Além do estado de Pernambuco propõe-se a inclusão dos demais 25 estados brasileiros e do distrito federal.
- Visando maior comodidade ao turista é proposto, como trabalho futuro, a integração do sistema de geração de rotas, proposto nesse artigo, com outros sistemas existentes (i.e. busca e reserva de passagens, reserva de hotéis, aluguel de veículo, etc.).
- É proposta também a construção de uma extensão para realizar a integração do sistema com redes sociais (Facebook, Orkut, etc.) a fim de obter informações e indicações de rotas através dos contatos e interesses do turista.

## 7 Referências

- [1] EMBRATUR. Anuário Estatístico de Turismo - 2011. Volume 38, Ano Base 2010. **Ministério de Turismo. Secretaria Nacional de Políticas de Turismo.** (2010)
- [2] World Tourism Organization (2009). **UNWTO Tourism Highlights, 2009 Edition.** Disponível em: <<http://www.unwto.org/facts/menu.html>>. Acesso em: 06 de Junho de 2011.
- [3] JP Turismo. **Os prazeres do turismo doméstico.** Disponível em: <<http://jpturismo.com.br/noticia.asp?id=09072010-os-prazeres-do-turismo-domestico/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2011.
- [4] Festival de turismo de gramado. O Turismo Brasileiro. **Congresso do 22º Festival do Turismo de Gramado.** Disponível em: <<http://www.festivalturismogramado.com.br/Event/Market/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2011.
- [5] Governo do Estado de Pernambuco. **Site Oficial do Governo do Estado de Pernambuco.** Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2011.
- [6] Guia quatro rodas. Disponível em: <<http://viajeaqu.abril.com.br/guia4rodas/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2011.
- [7] Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning. **Reading, Massachusetts: Addison Wesley Logman** (1989).
- [8] Darwin, C. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. Editora: John Murray, Londres, (1859).
- [9] Holland, J. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press (1975)
- [10] Baker, J. E. Reducing Bias and Inefficiency in the Selection Algorithm. Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms and their Application: 14–21 (1987)
- [11] Gwiazda, T. D. Crossover for single-objective numerical optimization problems, Vol.1. (2006)
- [12] Mitchell M. An Introduction To Genetic Algorithms. **MIT Press** (1996)
- [13] Gaines, B.R. & BOOSE, J.H. Knowledge – Based Systems. San Diego, CA, **Academic Press, Inc.**, .v.1.(1998).