

## Respostas dos autores e versão revisada de “Uma Abordagem Evolutiva para o Problema de Custo Médio a Longo Prazo com Saltos Não-Observados”

por Carlos A. Silva, Daiane C. Bortolin e Eduardo F. Costa

Gostaríamos de agradecer ao revisor e ao Editor Associado pelos comentários, sugestões e questionamentos que nos ajudaram a aprimorar o artigo. Seguindo as sugestões recebidas, o artigo foi completamente revisado e as respostas aos comentários e modificações realizadas são descritas a seguir.

### 1 Respostas aos Comentários

#### Revisor

Resumo: colocar termos mais genéricos, que não necessitem de explicação. Ex: “algoritmo variacional”, “nível de sub-otimalidade” poderiam ser substituídos por frases que expliquem os conceitos.

**Resposta dos autores.** Agradecemos à sugestão do revisor, e no Resumo, substituímos o termo “algoritmo variacional” por “*método bastante utilizado para esta classe de problema*”, pois o método variacional é um método bastante conhecido para tratar de problemas de controle em sistemas dinâmicos estocásticos. O termo “nível de sub-otimalidade” foi substituído por “*relação entre os custos obtidos*”, pois a avaliação entre os ganhos sub-ótimos é feita entre seus respectivos custos.

#### Revisor

Introdução: o primeiro parágrafo da introdução é extremamente importante e deve motivar o leitor. No caso, o primeiro parágrafo é composto apenas por referências.

O primeiro parágrafo por exemplo, poderia começar falando sobre o problema do custo médio de longo prazo. O primeiro parágrafo atual pode ser completamente suprimido (o artigo pode começar pelo segundo parágrafo).

Segundo parágrafo: colocar uma referência para SLSM. 1ª frase: especificar se uma cadeia de Markov a tempo contínuo ou a tempo discreto. 2ª frase: ... estes sistemas apresentam variações repentinas nos parâmetros, chamadas de “saltos”. 3ª frase: ... em cada instante de tempo, caso contrário são denominados não-observados. Tirar a 4ª frase.

Terceiro parágrafo: 1ª frase: ao invés de “podem ser associadas a” podem ser modeladas como uma.

**Resposta dos autores.** Conforme sugestão do revisor, suprimimos o primeiro parágrafo e iniciamos a seção apresentando a classe de problema que será estudada e descrevemos suas características. Em seguida, especificamos que tratamos de um problema em tempo discreto, citando uma importante referência-base sobre os SLMS, “**O.L.V. Costa, M.D. Fragoso, R.P. Marques, Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems, Springer-Verlag, New York, 2005**”. As alterações referentes à 2ª, 3ª e 4ª frases do segundo parágrafo e a 1ª frase do terceiro parágrafo foram feitas, melhorando o entendimento do texto.

## Revisor

Referências da primeira página: quase todas as referências são de livros. É aconselhável que as referências sejam de artigos conceituados (preferência para revistas ou congressos bem conceituados da área) e que sejam atuais, com raras exceções.

**Resposta dos autores.** As referências da primeira página foram atualizadas contando com 7 artigos de importantes periódicos internacionais e nacionais referentes ao problema tratado neste artigo, sendo a maioria deles com menos de 6 anos de publicação.

## Revisor

Página 2

Primeiro parágrafo: especificar melhor o que quer dizer a palavra “controle” no contexto do artigo. Está muito genérica. Falta uma definição precisa do que é CMLP. A primeira frase é extremamente longa. Perde-se a noção do contexto. Dividi-la em duas ou três frases. Onde se lê: “para o cenário observado” seria melhor: “para o cenário onde pode-se observar o estado da CM”. Definir melhor “otimalidade global do controle”.

Segundo parágrafo: o que quer dizer “sob o ponto de vista do nível de sub-otimalidade”? Explicar melhor.

**Resposta dos autores.** Agradecemos às observações apontadas pelo revisor, e no texto reformulado, enfatizamos que apesar de encontrar na literatura vários estudos sobre os SLSM, ainda existem lacunas como a determinação do controle ótimo. O problema é modelado como um problema de otimização, e neste contexto, especificamos o controle como o argumento da

função de minimização do custo. Acrescentamos a seguinte definição para o controle: “*O controle indica uma determinada ação (representada por uma variável) sobre um sistema dinâmico, a fim de “controlar” o sistema. A expressão “controlar”, no contexto do artigo, representa encontrar valores de  $K$ , do controle  $u$  na forma de realimentação linear  $u = Kx$ , que minimizem o custo representado pelo CMLP*”. Definimos o CMLP da seguinte forma: “*O CMLP representa o índice de desempenho do SLSM quando há presença de ruído aditivo no sistema, ou seja, quando a trajetória do sistema sofre perturbações, possivelmente de alguma força exógena*”.

Conforme sugestão do revisor, reformulamos o primeiro parágrafo. A expressão “ótimalidade do controle” foi substituída por “*mínimo global*”, desta forma, fica claro que o controle a ser obtido deve representar o argumento da função de avaliação (CMLP) que retorne o menor valor possível.

No segundo parágrafo, empregávamos a expressão “nível de subotimalidade” de um controle de maneira informal para nos referirmos à relação entre o custo por ele gerado e o custo ótimo. Contudo, preferimos substituí-la pela expressão “*relação entre os custos obtidos pelos métodos*”, mais precisa e simples.

## Revisor

Página 3

Primeiro parágrafo: “é o controle” - primeira frase do segundo parágrafo: definir melhor “de forma a minimizar a um critério...” que critério é esse? Explicar melhor. Definir quem é  $w_k$ . No início de cada parágrafo, trocar “sendo que...” por “onde...”

**Resposta dos autores.** As expressões “é o controle” na primeira frase do segundo parágrafo e “de forma a minimizar a um critério” foram redefinidas originando a seguinte expressão: “*é o controle, que consiste na entrada do sistema cujo valor podemos definir ou projetar. Neste trabalho, o controle visa minimizar um índice de desempenho*”. Definimos  $w_k$  como um ruído, ou seja, uma força externa que perturba o sistema a cada instante de tempo  $k$ . Além disso, substituímos as expressões “sendo que....” por “onde...”

## Revisor

Página 4

2.1 Método variacional . cortar “para facilitar a referência” Teorema 2.1 – trocar a palavra “realiza” por “fornece”. Retirar a última frase da página 4: “A caracterização desta solução...”

**Resposta dos autores.** Foram acatadas as sugestões.

## Revisor

Página 5

3. Método UMDA trocar: “O UMDA” por “O método UMDA” Final do primeiro parágrafo do item 3: “elementos da população composta...”

Não fica claro, à primeira vista, que a equação 3.1 é polinomial. Trocar “tempo computacional” por “custo computacional”. Penúltimo parágrafo: “permite explorar melhor o espaço de soluções”

**Resposta dos autores.** Reescrevemos o texto a fim de ficar claro que neste artigo a função  $f$  da Equação 3.1 é polinomial. No Exemplo apresentado na seção 4, fica evidente sua forma polinomial. O trecho referente ao exemplo é apresentado a seguir. “*Além disso, consideramos a função  $f : \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}$  dada em (3.1) na forma polinomial*

$$K^\ell(i, j) = f(\beta_1^\ell, \dots, \beta_p^\ell) = \beta_1^\ell(i, j)^1 + \beta_2^\ell(i, j)^2 + \dots + \beta_p^\ell(i, j)^p."$$

As demais modificações foram realizadas.

## Revisor

Página 6

Após a equação 3.2: “... função densidade de probabilidade normal 4. Exemplo ilustrativo 1ª frase. Onde se lê: “Nesta seção apresentaremos um exemplo adaptado de [3]...” trocar por “Nesta seção apresentaremos um exemplo que consiste em uma adaptação de [3]...” Tirar a expressão “em uma situação prática”

**Resposta dos autores.** As modificações foram realizadas. Agradecemos pela sugestão.

## Revisor

Página 7

2º parágrafo. Tirar a expressão: “...um resultado que pode ser...” 3º parágrafo: 1ª frase. Colocar a primeira frase (“Os algoritmos...”) no fim da página, antes da última figura da seção 4. Último parágrafo: definir “horizonte”. A última frase está completamente sem sentido. “...converge para um valor”.

**Resposta dos autores.** Tiramos a expressão “...um resultado que pode ser...”. Colocamos como nota de rodapé a frase “*Os algoritmos...*”, pois, analisando a sugestão de modificação do revisor, nos pareceu que o texto perdeu a coesão. Reescrevemos o termo “horizonte” como sendo “*horizonte de tempo*”, ficando claro que se remete ao tempo, denotado por  $T$ . Na última

frase, substituímos “...converge para um valor” por “*Note que conforme o horizonte aumenta o valor do custo converge, permanecendo constante, ou tendo pequenas variações ao longo do tempo.*”.

Acreditamos que a dificuldade com a última frase era decorrência da indefinição do horizonte  $T$ , o que foi corrigido na página 3 em “*Por isso, definimos o custo de horizonte  $T$ , também chamado de custo de  $T$  estágios...*”, de maneira que a frase referida nos parece adequada.

## Revisor

Página 8

item 5 com inúmeros erros de português. Fazer uma revisão completa. Creio que no último parágrafo antes do “Teste de hipótese 1”, última frase, seja:”... a média dos tempos de CPU...”.

**Resposta dos autores.** Agradecemos ao revisor pela tempo despendido à seção 5 por conta da percepção dos erros ortográficos. Reescrevemos esta seção e fizemos uma revisão completa da ortografia.

## Revisor

Página 9

Figura 3: separar as figuras a) e b) em dois gráficos distintos, pois não é possível distinguir os dois métodos dentro do mesmo gráfico.

**Resposta dos autores.** Nas Figuras a) e b) são exibidos pontos que representam pares ordenados do tipo  $(J_V, J_U)$  e  $(T_V, T_U)$  respectivamente. Acreditamos que a leitura desses pontos pelos pares ordenados indicam uma distinção clara entre os métodos variacional ( $V$ ) e UMDA ( $U$ ).

## Revisor

Página 10

teste de hipótese 2: explicar porque deseja-se testar se a média “mi” é igual a 0,1. Conclusões: As conclusões estão muito breves. Explorar mais. Não abreviar, nas conclusões, SLSM e CMLP.

**Resposta dos autores.** Como descrito no Teste de Hipótese 2, a média  $\bar{\mu}$  representa a razão entre o tempo de CPU despendido pelo método variacional ( $T_V$ ) e o tempo de CPU do método UMDA ( $T_U$ ). Dessa forma,  $\bar{\mu} = 0,1$ , indica  $T_U = 10T_V$ . A motivação para a escolha do valor de  $\bar{\mu} = 0,1$  foi por perceber que se traçarmos a reta  $T_U = 10T_V$  a maioria dos pontos da figura estaria acima dessa reta, fazendo com que a hipótese seja pertinente. Reformulamos a conclusão expondo maiores detalhes do trabalho.

## **Revisor**

Páginas 11 e 12 Referências: 15 livros, 5 artigos em revista, 3 artigos em congresso, 1 tese de doutorado e 1 dissertação de mestrado. Obs: Livros demais para um artigo de revista.

***Resposta dos autores.*** Atualizamos as referências da seguinte maneira: 3 livros, 13 artigos em revistas, 2 artigos em congresso, 1 tese de doutorado.