

APLICAÇÕES NO VPE-qGM PARA VISUALIZAÇÃO DE EMOÇÕES ENTRE AGENTES HUMANOIDES – ESTUDO DE CASO POLICIAL/PRISIONEIRO

**LUCAS AGOSTINI¹; JULIO MACHADO²; CRISTIAN BOSIN³;
RENATA REISER⁴ e MAURÍCIO PILLA⁵**

¹ Universidade Federal de Pelotas – lbagostini@inf.ufpel.edu.br

² Universidade Federal de Pelotas – jmdsneto@inf.ufpel.edu.br

³ Universidade Federal de Pelotas – cmbosin@inf.ufpel.edu.br

⁴ Universidade Federal de Pelotas – reiser@inf.ufpel.edu.br

⁵ Universidade Federal de Pelotas – pilla@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Modelos e simuladores quânticos, sequenciais ou paralelos, introduzem novas abordagens para o estudo e desenvolvimento desses algoritmos, entretanto, sistemas quânticos complexos são difíceis de serem simulados e nem sempre estão disponíveis para uso e desenvolvimento de novas aplicações (VIAMONTES, 2007). Este trabalho considera o uso da Simulação Quântica tanto na modelagem da imprecisão como na investigação de novos paradigmas para problemas de restrição de satisfação (CSP) frequentemente associados ao desenvolvimento de interfaces de comunicação de agentes e/ou robôs em IA.

Em Maron et al. (2013c), operadores quânticos vem sendo simulados por processos e estados no VPE-qGM (*Visual Programming Environment for the qGM Model*), enquanto que os resultados apresentados por Raghuvanshi e Perkowski (2010), são obtidos considerando o modelo de Circuitos Quânticos (CQ).

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação no VPE-qGM qGM (MARON et al., 2013a)(MARON et al. 2013b) descrita pelo paralelismo e emaranhamento quântico (NIELSEN; CHUANG, 2000), baseada no estudo de caso Policial/Prisioneiro (PP) proposto por Raghuvanshi et al. (2007), envolvendo três agentes, modelando a cooperação do prisioneiro pela atitude dos policiais.

Na continuidade, busca-se a modelagem de sistemas multiqubits que fazem uso do simulação do paralelismo quântico via processamento paralelo em arquiteturas multiprocessadas, como são atualmente implementados os algoritmos quânticos no VPE-qGM, gerenciados pelo VirD-GM (*Virtual Distributed Geometric Machine Model*)(AVILA et al., 2014b) (AVILA et al., 2014a).

2. METODOLOGIA

As primeiras atividades metodológicas consideram o estudo de fundamentos da Computação Quântica (CQ) e correspondente simulação. Na simulação de algoritmos quânticos, a implementação do qubit, estendendo o conceito de bit clássico. O estado quântico associado a um qubit se dá pela combinação linear de vetores bidimensionais, $|0\rangle$ e $|1\rangle$ em superposição, satisfazendo as condições de normalização. Então, na notação de Dirac, tem-se que $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, onde α e β são as amplitudes do estado quântico $|\psi\rangle$, e já que os estados estão normalizados, tem-se que $\alpha^2 + \beta^2 = 1$. Esta representação permite que os estados

assumam diversos valores, que podem ser geometricamente representados como pontos na esfera de Bloch (NIELSEN; CHUANG, 2000).

As demais atividades foram desenvolvidas usando as funcionalidades do ambiente VPE-qGM tem como objetivo gerar processos abstraído, se desejável, as construções associadas a processos e estados parciais associados a aplicações multiqubits, disponibilizando uma análise passo a passo de como os estados (globais/parciais) evoluem durante a computação. Integrado ao VPE-qGM, tem-se o componente qCEdit, cuja interface permite que se represente graficamente os circuitos correspondentes as aplicações simulados no VPE-qGM.

Pela interface gráfica da VPE-qGM, obtém-se a criação e simulação paralela dos processos os quais descrevem o estudo de caso PP modelando:

- (i) os estados inativo e ativo pelos estados clássicos $|0\rangle$ e $|1\rangle$, respectivamente;
- (ii) cada agente por um qubit, a comunicação entre agentes pelo emaranhamento e sobreposição de estados quânticos a partir de dois processos controlados, sequencialmente executados, onde ambos trocam o estado do terceiro qbit:
 - (a) no primeiro processo ($Id \otimes CNOT$), a troca ocorre se o segundo qubit está no estado clássico $|1\rangle$;
 - (b) no outro processo $Control(1,3)$, se o primeiro qubit está no estado $|1\rangle$ executa-se a troca das amplitudes do terceiro qubit.
- (iii) E, verificando em uma única medida as alterações de humor do prisioneiro;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos processos descritos na metodologia, são aplicados ao estado global quântico, o qual no instante inicial é dado por $|100\rangle$, e obtido selecionando o número de qubits de entrada (3), os valores e o tipo de dados (inteiros, complexos, etc) na interface do editor de qCEdit. Na Figura 1 (esquerda) tem-se o circuito representado no qCEdit.

De acordo com as descrições apresentadas em Raghuvanshi e Perkowski (2010), o prisioneiro está disposto a cooperar (estado ativo) quando um dos policiais é bom (estado ativo) e o outro é mau (estado inativo), qualquer outro posicionamento, sua cooperatividade não muda.

Na Figura 1 (direita) está a representação dos processos na VPE-qGM, considerando as transformações na base, do estado inicial $|s0\rangle$ para o estado final $|sf\rangle$, considerando o modelo de Circuitos Quânticos:



Figura 1: Representações Gráficas do Estudo de Caso PP

Observe que, na descrição matemática, quando aplicamos a porta $Id \otimes CNOT$ ao estado inicial $|s0\rangle = |100\rangle$ obtemos o estado $|s1\rangle = |100\rangle$, ou seja o

sistema preserva o estado inicial. E, na sequência, quando calculamos o resultando, alcançando o estado final, aplicando o operador

$$U |s1\rangle = Id \otimes CNOT \cdot Control_{1,3} |100\rangle \quad (1)$$

e resultando no estado final $|sf\rangle = |101\rangle$.

Neste estudo de caso, fez-se uso dos Editores de Processos e de Estados para seleção da dimensão da aplicação (3 qubits) e definição dos processos bem como para a descrição do estado inicial, respectivamente.

Observa-se portanto um resumo dos resultados simulados no VPE-qGM, pela Tabela 1. Assim, sempre o comportamento dos policiais estiver emaranhado, o prisioneiro jamais falará se os policiais apresentarem o mesmo comportamento.

Ou ainda, o operador U é invariante em relação ao estado emaranhado $\frac{\sqrt{2}}{2}(|000\rangle + |110\rangle)$:

$$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(|00\rangle + |11\rangle) \otimes |0\rangle \right) = U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(|000\rangle + |110\rangle) \right) = \frac{\sqrt{2}}{2}(U|000\rangle + U|110\rangle).$$

Assim, tem-se que:

$$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(|00\rangle + |11\rangle) \otimes |0\rangle \right) = \frac{\sqrt{2}}{2}(|000\rangle + |110\rangle).$$

De forma análoga, mostram-se os demais casos na Tabela 1.

Estado Inicial	Estado final
$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(00\rangle + 11\rangle) \otimes 0\rangle \right)$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(00\rangle + 11\rangle) \otimes 0\rangle$
$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(00\rangle + 11\rangle) \otimes 1\rangle \right)$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(00\rangle + 11\rangle) \otimes 1\rangle$
$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(01\rangle + 10\rangle) \otimes 0\rangle \right)$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(01\rangle + 10\rangle) \otimes 1\rangle$
$U \left(\frac{\sqrt{2}}{2}(01\rangle + 10\rangle) \otimes 1\rangle \right)$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(01\rangle + 10\rangle) \otimes 0\rangle$

Tabela 1: Aplicação do Operador U em estados emaranhados.

Uma interpretação da Eq. (1) nos reporta quando ambos os policiais têm mesmo estado, então o criminoso permanece no seu estado de não-colaboração, sendo todos os casos obtidos com apenas uma medida aplicada ao estado final.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou como está sendo introduzida a modelagem de emoções de agentes fazendo uso de conceitos da CQ.

O aumento do número de qubits de cada aplicação implica num aumento exponencial do espaço de estados quânticos, justificando-se o uso do ambiente de simulação paralela VPE-qGM.

O trabalho está inserido em um projeto mais abrangente de extensão da interpretação de algoritmos fuzzy via CQ, veja Maron et. al. 2015, considerando para tal a abordagem de processos e estados quânticos consolidada junto ao Projeto ExplorD-GM (AVILA et al., 2015).

Estamos investigando na atual etapa, como podemos modelar a intensidade das emoções (como baixa, média ou alta colaboração) via aplicação da extensão da biblioteca qGM-Analyser, contendo principais métodos para suporte a simulação quântica dos operadores da Lógica Fuzzy.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, A.; MARON, A.; REISER, R.; PILLA, M. Simulação distribuída de algoritmos quânticos via gpus. In: WSCAD-SSC, 13., 2014a, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: SBC, 2014a.

AVILA, A.; SCHUMALFUSS, M.; MARON, A.; REISER, R.; AND PILLA, M. Gpu-aware distributed quantum simulation. In: Symposium On Applied Computing, 30., 2014b, Salamanca, Espanha. **Anais...** Salamanca, Espanha: ACM, 2014b.

MARON, A.; REISER, R.; PILLA, M. High-performance quantum computing simulation for the quantum geometric machine model. In: International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 13., 2014c, Chicago, EUA. **Anais...** Chicago, EUA: IEEE, 2014c.

MARON, A.; REISER, R.; PILLA, M.; YAMIN, A. Expanding the VPE-qGM environment towards a parallel quantum simulation of quantum processes using gpus. **CLEI**. Arequipa, Peru. n. 16, p. 1–19, jul. 2013b.

MARON, A.; VISINTIN, L.; REISER, R.; ABEIJON, A. Fuzzy computing from quantum computing case study in reichenbach implication class. **Mathware Soft Computing**. Granada, Espanha. n.20, p. 86–114, out. 2013c

NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L. **Quantum Computation and Quantum Information**. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 2000.

VIAMONTES, G. **Efficient Quantum Circuit Simulation**. 2007. 231f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Computação) – University of Michigan, Michigan, 2007.

RAGHUVANSHI, A.; FAN, Y.; WOYKE, M.; PERKOWSKI, M. Quantum robots for teenagers. In: International Symposium on Multiple-Valued Logic, 37., 2007, Oslo, Noruega. **Anais...** Oslo, Noruega: IEEE, 2007.

RAGHUVANSHI, A.; PERKOWSKI, M. Fuzzy quantum circuits to model emotional behaviors of humanoid robots. In: Congress on Evolutionary Computation, 12., 2010, Barcelona, Espanha. **Anais...** Barcelona, Espanha: IEEE, 2010.

AVILA, A.; SCHUMALFUSS, M.; REISER, R.; KREINOVICH, V. Fuzzy Xor Classes from Quantum Computing. In: International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing, 14., 2015, Zakopane, Polônia. **Anais...** Zakopane, Polônia: IEEE, 2015.