



Computação distribuída e colaborativa aplicada à biomedicina com o FightAIDS@Home

Gabriella Castro Barbosa Costa, *Mestranda em Ciência da Computação, UFJF*,
Bruno Zonovelli da Silva, *Mestrando em Modelagem Matemática e Computacional, UFJF*,
Humberto Luiz de Oliveira Dalpra, *Bacharel em Sistemas de Informação, CES/JF*,
Izaías Fernando Vilarino, *Bacharel em Sistemas de Informação, CES/JF*,
Mayara Mendes Paiva, *Bacharel em Sistemas de Informação, CES/JF* e
Wagner Arbex, *Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação, Embrapa e UFJF*

Resumo—Sistemas de computação distribuídos são utilizados para tarefas de computação de alto desempenho, valendo-se da combinação do poder de processamento de vários computadores independentes, mas, interligados via rede. Esses sistemas de alto desempenho podem ser divididos em dois grupos de sistemas de computação distribuídos, que são o agrupamento de computadores, ou *computer cluster*, e computação em grade, ou *grid computing*. O FightAIDS@Home, é um sistema distribuído voltado para a pesquisa de soluções para o tratamento da AIDS, cujo projeto é conduzido pelo Laboratório Olson, na Califórnia. Atualmente, esse projeto, faz uso dos recursos computacionais em grade da World Community Grid, constituída, em sua maior parte, por computadores de usuários comuns, utilizando protocolos e interfaces normalizadas, abertas e de uso não específico para garantir a interoperabilidade entre diferentes sistemas. Esse trabalho, apresenta dados de um estudo de caso realizado sobre o FightAIDS@Home e sua implementação a partir de aspectos de sistemas distribuídos, tais como grade de computadores e computação em nuvem como suporte a implementação de computação colaborativa.

Palavras-chave—Computação distribuída, computação em grade, FightAIDS@Home, World Community Grid.

Collaborative and distributed computing applied to biomedicine with the FightAIDS@Home

Abstract—Distributed computing systems are used for high performance computing tasks, taking advantage of join processing power of multiple independent computers, but they are interconnected by network. These high performance systems can be divided into two classes of distributed computing systems: computer cluster and grid computing. The FightAIDS@Home is a distributed system toward the search for solutions for the AIDS treatment, and this project is led by the Olson Laboratory, California. Nowadays, this project use computing resources of the Grid World Community Grid, which consist mostly of computers of ordinary users, using open and non-specific standard protocols and interfaces to ensure interoperability between different systems. These paper presents informations

from a case study about FightAIDS@Home and its implementation, using aspects of distributed systems such as grid computer and cloud computing to support implementation of collaborative computing.

Index Terms—Distributed computing, grid computing, FightAIDS@Home, World Community Grid.

I. INTRODUÇÃO

O FightAIDS@Home é um sistema distribuído aplicado à área biomédica, que auxilia na pesquisa e na descoberta de alternativas para o tratamento e para a cura da AIDS. Este projeto, a partir de novembro de 2005, associou-se ao World Community Grid (WCG), uma grade de computação cujo recurso de processamento constitui-se da colaboração entre membros voluntários, por meio da doação de tempo de processamento de uma elevada quantidade de computadores pessoais e de trabalho, provenientes desses voluntários de todas as partes do mundo, através da Internet. A participação e o voluntariado estão abertos a todos e, para tanto, basta copiar e instalar gratuitamente o programa de integração do projeto, disponível no site do WCG, que será executado em *background*, quando o computador “voluntário” estiver ocioso [7].

Logo nos primeiros anos do projeto, em aproximadamente 3 anos, foram contabilizadas mais de 409 mil pessoas, contribuindo voluntariamente, o que tornou cooperativa a capacidade de mais de 1,1 milhão de computadores para impulsionar pesquisas humanitárias, sendo equivalente a 192.400 anos de processamento para esta grade de computação [4].

Este artigo propõe-se a caracterizar o FightAIDS@Home como um sistema distribuído, explicitando os conceitos de computação em grade e seu funcionamento nas estações colaboradoras. Será abordada a origem do projeto, as motivações iniciais e seus principais responsáveis e mantenedores, estabelecendo uma visão detalhada e atual do FightAIDS@Home no WCG, com algumas de suas características e especificações técnicas de funcionamento e, ainda, relatando quais são alguns possíveis avanços e algumas perspectivas futuras do WCG.

Apesar do FightAIDS@Home ser um sistema distribuído, pela sua estruturação e funcionamento, não caracteriza um sistema de computação em nuvem, entretanto, incorpora conceitos e ferramentas de computação em nuvem como, por exemplo, transparência da distribuição [1], conceito este que é comum em sistemas distribuídos como este projeto.

Além disso, a computação distribuída e colaborativa implementada pelo WCG e utilizada pelo FightAIDS@HOME, também está associada ao conceito de *e-Science*, que pode ser definida, simplificada, como atividades de computação científica intensiva que são realizadas em ambientes de rede altamente distribuídos [10], como é o caso da computação em grade.

Esse texto organiza-se em duas partes: inicialmente, a segunda e terceira seções abordam o FightAIDS@Home, apresentando seus aspectos básicos e fundamentos de sua organização, técnica e alguns dados de seu funcionamento no WCG. Em seguida, a quarta seção trata do WCG, apresentando dados de alguns dos projetos que hospeda e a adoção da computação colaborativa no mundo. O conteúdo desse trabalho é complementado com a presente introdução, que lança as primeiras observações sobre o problema estudado e, ainda, a conclusão, que sintetiza a importância do FightAIDS@HOME e do WCG como sua infraestrutura de computação.

II. CONCEITOS E ASPECTOS DE SISTEMAS DISTRIBUÍDOS NO FIGHTAIDS@HOME

O FightAIDS@Home é um sistema de computação distribuída, hospedado no WCG, um sistema de computação em grade comunitário mantido pela IBM, com a intenção de auxiliar no avanço de pesquisas que buscam cura e tratamentos de doenças [11], sendo esse, como pode ser visto nas informações do Laboratório Olson [7], o primeiro projeto a ser hospedado na WCG.

A estrutura de funcionamento de uma grade computacional propõe

combinar o poder de processamento de vários computadores ligados em rede para conseguir executar tarefas que não seria possível - ou pelo menos não com um desempenho satisfatório - executar, utilizando um único computador e, ao mesmo tempo, fazê-lo a um custo mais baixo do que o de um supercomputador de potência semelhante [9].

Por serem atributos próprios de sistemas distribuídos, a escalabilidade e a transparência de escalabilidade são propriedades presentes no WCG e, portanto, os nós que compõem a grade computacional podem ser tanto permanentes quanto temporários - por conseguinte, o mesmo acontece com o FightAIDS@Home - e, além disso, os sistemas de computação em grade podem ser formados para executar uma tarefa específica e depois, desfeitos. A “entrada” ou a “saída” de um nó na grade de computação é possível de ser feita, simplesmente, a partir da ativação ou desativação de um software em cada computador.

Para contribuir com os projetos hospedados no site da WCG, como, por exemplo, o próprio FightAIDS@Home, basta copiar e instalar o software de integração do projeto e, após sua instalação no computador, este software vai utilizar o tempo ocioso de processamento do computador para integrá-lo à grade computacional para a realização de simulações, projeções e cálculos.

III. PRINCIPAIS ASPECTOS DO FIGHTAIDS@HOME

O FightAIDS@Home utiliza computação distribuída a fim de auxiliar a pesquisa na descoberta de soluções para o tratamento da AIDS. Executa um software denominado AutoDock, que codifica características físicas, químicas e bioquímicas para a predição de como moléculas-alvo flexíveis e possíveis candidatas relacionadas à estrutura proteica da droga, podem associar-se a estrutura da protease, por meio, por exemplo, de clivagem ou ligações peptídicas, para assim, com diferentes moléculas-alvo oriundas da protease, melhorá-las, escolhendo e testando-as em laboratório [7].

Essa proposta de predição de moléculas e estruturas proteicas candidatas é conhecida como modelagem molecular por homologia estrutural e utiliza-se de estruturas de proteínas já determinadas experimentalmente na tentativa de se prever a conformação de outra proteína, que deve apresentar uma sequência similar de aminoácidos. O grau de similaridade entre a proteína com estrutura resolvida, a proteína-molde, e a proteína a qual se deseja modelar, que é a proteína-alvo é determinante na qualidade dos modelos estruturais gerados, bem como, a sua aplicabilidade para o desenvolvimento de drogas e produtos fármacos.

De acordo com a WCG [16], em 8 de abril de 2011, o FightAIDS@HOME ultrapassou o equivalente a 132 mil anos de processamento, o que gerou cerca de 133,5 milhões de resultados. A média diária de tempo de processamento, até essa mesma data, ultrapassa o equivalente a 67 anos de processamento, gerando, diariamente, em média, pouco menos de 68 mil resultados.

A. Organização do Projeto

O FightAIDS@Home é coordenado pelos professores Arthur Olson, do Departamento de Biologia Molecular do Scripps Research Institute, em La Jolla, e Rik Belwe, do Departamento de Ciência Cognitiva da Universidade da Califórnia, em San Diego, e sua estrutura é financiada pelos Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos (NHI) para desenvolver novas abordagens terapêuticas baseadas no conhecimento cada vez maior da biologia estrutural do HIV [6].

Na equipe do projeto, também ocupam lugar de destaque, os doutores Alex Perryman, especialista no uso de informações sobre estruturas de proteínas; Stefano Forli, doutor em ciências farmacêuticas; Dallakyan Sargis, responsável pelo ambiente de hardware e software para o Molecular Graphics Laboratory e desenvolvedor chefe do Python Molecular Viewer (PMV); Garret Morris, co-autor do AutoDock e especialista em química computacional e

modelagem molecular. Ainda como membro participante do projeto, a IBM é a responsável técnica pela infraestrutura do WCG [7].

O FightAIDS@Home é um dos seis projetos atuais em atividade no WCG e a Tabela I mostra a quantidade de tempo de processamento, equivalente em anos, de cada um desses seis projetos. Além dos projetos em atividade, o WCG ainda conta com mais seis projetos intermitentes e outros seis projetos finalizados.

TABELA I
RELAÇÃO DE PROJETOS ATIVOS NO WCG [13]

Projeto	Tempo aprox. de processamento (anos)
FightAIDS@Home	132.000
Human Proteome Folding	86.000
Help Conquer Cancer	73.500
Help Cure Muscular Dystrophy	41.200
Computing for Clean Water	14.000
The Clean Energy Project	3.600

Entre as metas do FightAIDS@Home, esses pesquisadores e suas equipes buscam, além da criação de novas drogas e a ampliação do conhecimento sobre a biologia estrutural da AIDS, estudar os mecanismos de resistência a diversas drogas que o HIV utiliza para “escapar” da ação das drogas atualmente utilizadas [7].

B. Aspectos e especificações técnicas

Como todo projeto hospedado no WCG, o FightAIDS@Home baseia-se em uma estrutura de computação distribuída e colaborativa, onde os nós desse sistema, disponibilizados por participantes voluntários, obtêm e instalam um agente de software, cuja execução se inicia com a atividade do protetor de tela e que recebem pequenos conjuntos de dados, que são chamados de *work units* (WU), para processarem. A princípio, uma WU tem o tamanho de 512 KB [18] e cada WU pode ser transmitida para três nós distintos [4].

Quando os nós estiverem ociosos, então, a execução de seus protetores de tela será iniciada, mas, na verdade, o que estará em execução são os agentes de software que foram instalados e, por conseguinte, será feito o processamento das WUs. Ao final desse processamento, os resultados são encaminhados aos servidores do FightAIDS@Home.

Os resultados do processamento da mesma WU enviada para os diferentes nós são comparados, como uma forma de validação dos resultados obtidos pelos nós [4].

Para suportar a execução do agente de software, o nó deve possuir conexão com a Internet, 250 MB de memória RAM e 100 MB de espaço em disco disponíveis e, opcionalmente, capacidade para exibição de gráficos, caso o usuário queira que esses sejam exibidos. Estão disponíveis versões desse agente para as plataformas Windows, Mac ou Linux [17].

Com mais detalhes, o que se vê na execução é um procedimento [2] que se inicia com cada nó recebendo um conjunto de tarefas e dados para serem processados, isto é,

as WUs. Apesar das WUs possuírem um tamanho padrão inicial, as tarefas e as WUs são calculadas em função da capacidade que o nó deve suportar. Por exemplo, os servidores nunca enviam para um nó uma tarefa e uma quantidade de dados maior do que a configuração do nó pode tratar em função da memória RAM do mesmo.

Em seguida, após o processamento em si, os dados obtidos a partir de cada nó são retornados aos servidores, juntamente com relatórios desses resultados, quando então são validados.

As estratégias de processamento e validação [19] do FightAIDS@Home baseiam-se na validação simples (*Simple Validation - Type 1*) em separado ou em conjunto com “processamentos redundantes” (*Redundant Computations*).

Para explicitar as políticas de processamento e validação para a validação simples é necessário conhecer a política de execução para a estratégia de processamentos redundantes.

No processamento redundante, são enviadas duas cópias de uma mesma WUs para dois diferentes nós e quando ambos retornarem seus resultados eles são comparados para garantir que sejam resultados idênticos e, então, podem ser considerados válidos e aceitos. Caso algum haja discordância entre os resultados, então o mesmo conjunto de dados é enviado para outros nós até que, pelo menos, dois tenham resultados coincidentes.

Esse mesmo procedimento é adotado caso haja alguma interrupção e algum resultado não retorne aos servidores. Isto é, um resultado somente torna-se válido e aceito, com processamento redundante, se, no mínimo, dois resultados de diferentes nós, obtidos a partir de uma mesma fonte de dados, forem coincidentes. Esta estratégia estabelece um nível elevado de confiança e no próprio resultado, assim como, nos nós utilizados no processamento que, ainda, deve atribuir “pontos” aos nós para que possam tornar-se nós “confiáveis” - aliás, o que será considerado na validação simples.

Para a verificação simples, apenas uma cópia da WU é enviada para um único nó confiável. Para um nó ser considerado confiável, ele deve participar do projeto há tempo suficiente para que a plataforma possa considerá-lo confiável e, também, deve retornar bons resultados ao longo desse tempo.

Caso o nó selecionado para receber a WU não seja um nó confiável, então uma cópia da mesma WU será atribuída a um outro nó e passam a valer as regras e os procedimentos do processamento redundante. Além disso, como precaução, o código em execução em cada nó, em momentos específicos, pode verificar junto aos servidores se o processamento da WU está ocorrendo dentro do esperado.

Com relação ao estabelecimento e manutenção da relação de confiança sobre os nós que participam dos projetos, esses nós confiáveis são aleatoriamente amostrados para terem seus resultados verificados duas vezes, como no processamento redundante e, então, podem ser novamente “pontuados” para manter o *status* de nó confiável.

Essas estratégias de processamento e validação são utilizadas em diversas aplicações, por exemplo, a validação simples, que seria a estratégia primária do FightAIDS@Home também é utilizada em outros projetos de pesquisa, tal como, o Discovery Dengue Drugs. Da mesma forma, o próprio FightAIDS@Home utiliza-se do processamento redundante que, originariamente, é uma estratégia de processamento e validação do projeto Help Conquer Cancer.

Além das estratégias *Simple Validation - Type 1* e *Redundant Computations* ainda existe a *Simple Validation - Type 2* que, diferentemente das duas primeiras estratégias, pode gerar diferentes resultados cada vez que uma mesma WU é processada, devido a características do aplicativo que executa a WU nessa para essa estratégia. A *Simple Validation - Type 2* não é utilizada no FightAIDS@Home.

Os meios e módulos de controle, comunicação e validação que tratam WU com o nó que vai recebê-la, servem aos projetos citados anteriormente - assim como, às estratégias de processamento - entretanto, altera-se a forma de se obter uma WU.

IV. CENÁRIOS ATUAL E FUTURO DO WCG

COM o uso da computação em grade, aliada à infraestrutura do WCG, cria-se um “sistema virtual” de grande capacidade de processamento para os sistemas que se encontram hospedado no mesmo, o que possibilita a obtenção altas taxas de processamento para esses sistemas [5].

A. Estágio Atual

Os cinco países que mais contribuem com tempo de processamento para o WCG são: Estados Unidos, Japão, França, Canadá e Alemanha, ficando o Brasil em 11o. lugar (Tabela II). O tempo de processamento significa a contribuição de cada um dos países a partir do início do projeto, isto é, o que WCG “utilizou”, em tempo de processamento, de cada país participante desde seu início.

TABELA II

RELAÇÃO DE PAÍSES E TEMPO DE EXECUÇÃO CEDIDOS AO WCG [14]

#	País	Tempo aprox. de processamento (anos)
1	Estados Unidos	153.000
2	Japão	33.000
3	França	22.000
4	Canadá	20.000
5	Alemanha	17.500
6	Reino Unido	16.000
7	Holanda	11.500
8	Austrália	10.300
9	Espanha	6.700
10	Taiwan	6.000
11	Brasil	5.300

Quanto ao número de colaboradores atuais do projeto, o Brasil encontra-se na 7a. posição do *ranking*, apresentado na Tabela III, onde constam os dez primeiros países.

TABELA III

RELAÇÃO DE PAÍSES E NÚMERO DE COLABORADORES DO WCG [15]

#	País	Número aprox. de colaboradores
1	Estados Unidos	65.400
2	França	27.700
3	Alemanha	24.700
4	Japão	19.300
5	Reino Unido	14.800
6	Canadá	11.400
7	Brasil	10.100
8	Itália	7.300
9	Austrália	5.900
10	Espanha	5.700

Como pode ser visto na Figura 1, os países da África, que estão entre os que mais sofrem com a incidência do vírus HIV, estão entre os que menos recursos possuem inseridos nesse esforço de pesquisa colaborativo, no qual o projeto FightAIDS@Home encontra-se.

Por exemplo, ainda de acordo com o WCG [16] e nessa mesma data, 8 de abril de 2011, o primeiro país africano a aparecer na relação de “doação” de tempo de processamento para o WCG, é a África do Sul, na 31a. posição, o que é equivalente a menos de 1.200 anos de processamento. Além disso, um número que pode surpreender, considerando sua população, é a pequena participação da China, ocupando a 20a. posição, com o equivalente em processamento inferior a 2.600 anos.

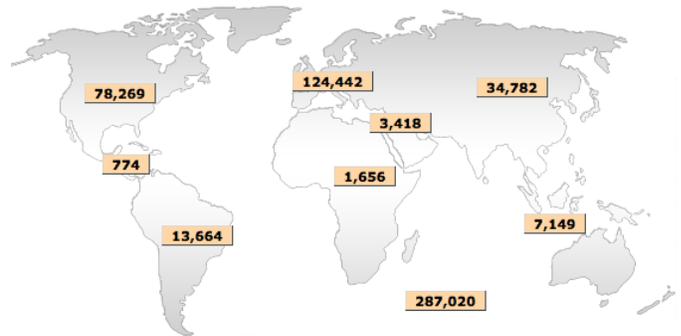


Fig. 1. Participação de regiões subcontinentais no WCG em número de colaboradores [12].

O último registro de projetos do WCG [8], até a data de 5 de abril de 2011, contabiliza trinta e quatro experimentos do FightAIDS@Home concluídos, o de número 35 está em andamento – com 85% do seu total já executado – e o experimento de número 36 está em sendo iniciado.

B. Perspectivas Futuras

Quando a IBM e os membros das principais organizações de ciência, educação e assistência social do mundo lançaram o programa WCG, em novembro de 2004, tinham como missão, “criar o maior sistema público de computação em grade, com objetivo humanitário” [3],

com a utilização colaborativa da capacidade ociosa de processamento, uma vez que, segundo essa mesma fonte, seus estudos mostraram que, em média, os usuários de computadores utilizam entre 10% e 15% da capacidade de processamento de seus equipamentos.

A aceitação e o sucesso desse projeto podem ser verificados a partir dos números que contabilizou logo nos primeiros anos de atividade. Após o seu lançamento, em cerca de 2 anos, 250 mil pessoas em todo mundo já participavam do WCG, com, cerca de 500 mil colaboradores cadastrados e, nesse período, foram utilizados desses colaboradores, o equivalente a aproximadamente 72 mil anos de processamento distribuído e colaborativo [3]. No ano seguinte, o crescimento foi ainda maior, pois em aproximadamente 3 anos, foram contabilizadas mais de 409 mil pessoas, perfazendo a capacidade de mais de 1,1 milhão de computadores para impulsionar pesquisas humanitárias, o que equivale a 192.400 anos de processamento para este sistema de computação em grade [4].

Apesar desses bons números, o WCG entendia que seu trabalho estava apenas começando e sua comissão consultiva, mesmo no início do projeto, já desempenhava a tarefa de buscar continuamente novos projetos de pesquisa que poderiam vir a se beneficiar deste sistema de computação em grade. Nesse sentido, percebe-se que, as propostas de novos trabalhos da WCG, vão ao encontro do senso comum de necessidades mundiais, visto que seus projetos futuros devem continuar voltados para o combate à doenças infecciosas, mas, também, para o combate à fome ou aos desastres naturais.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

TODO o avanço alcançado e a busca de resultados, que certamente auxiliam na criação de novos e melhores tratamentos para a AIDS, não seriam possíveis sem a utilização desse projeto suportado por computação em grade, já que milhares de anos seriam necessários para que apenas um computador conseguisse alcançar todo o poder de processamento atual do WCG.

O FightAIDS@Home é uma iniciativa que utiliza-se dos conceitos de sistemas distribuídos e da computação colaborativa e voluntária na busca de contínuos avanços no combate à AIDS, a partir de descobertas da ciência em prol da saúde do homem, pois se trata de um problema de saúde mundial, explorando uma grande capacidade de processamento inativa em milhões de máquinas no mundo e que está se transformando em esperança para o futuro da humanidade.

REFERÊNCIAS

- [1] W. Arbex, M. V. B. da Silva, M. F. M. Guimarães, R. F. Tagliatti, L. G. de Andrade, M. N. M. Muniz, and L. A. V. de Carvalho, "Storage as a service and utility computing for bioinformatics computing environment: aspects of cloud computing applied to scientific computing," in *Anais do IV Encontro Acadêmico em Modelagem Computacional*, Trabalho classificado como Trabalho Destaque em Ciência da Computação no IV Encontro Acadêmico em Modelagem Computacional do Laboratório Nacional de Computação Científica, Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis: LNCC, 2011.
- [2] Berkeley Open Infrastructure for Network Computing. (2011). How BOINC works. Access date: 15 July 2011, Berkeley Open Infrastructure for Network Computing - BOINC, [Online]. Available: http://boinc.berkeley.edu/wiki/How_BOINC_works.
- [3] IBM, *Como funciona a World Community Grid*, http://www-05.ibm.com/pt/ibm/ccr/HIW_02132007_trPTG.pdf, 2007. [Online]. Available: http://www-05.ibm.com/pt/ibm/ccr/HIW_02132007_trPTG.pdf.
- [4] —, "World community grid," Agenda Sustentável, São Paulo, Tech. Rep., 2008. [Online]. Available: <http://www.agendasustentavel.com.br/images/pdf/001208.pdf>.
- [5] —, ([2008]). World Community Grid. Access date: 1 Jun. 2011, [Online]. Available: http://www-05.ibm.com/pt/ibm/ccr/world_community_grid.html.
- [6] Olson Laboratory. (2011). Resarch team. Access date: 1 abr. 2011, [Online]. Available: <http://fightaidsathome.scripps.edu/team.html>.
- [7] —, (2011). What is FightAIDS@Home? Access date: 1 abr. 2011, [Online]. Available: <http://fightaidsathome.scripps.edu/>.
- [8] —, (2011). What is FightAIDS@Home? Access date: 8 abr. 2011, [Online]. Available: <http://fightaidsathome.scripps.edu/status>.
- [9] C. E. M. da Silva. (2005). Grid computing. Access date: 21 set. 2010, Hardware.com.br, [Online]. Available: <http://www.hardware.com.br/termos/grid-computing>.
- [10] Wikipedia. (2011). e-Science. Sep. 20, 2011, [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/E-Science>.
- [11] World Community Grid. (2010). About us. Access date: 21 set. 2010, World Community Grid, [Online]. Available: http://www.worldcommunitygrid.org/about_us/viewAboutUs.do.
- [12] —, (2011). By geography. Access date: 8 abr. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/stat/viewStatsByCountryAT.do?sort=members>.
- [13] —, (2011). By projects. Access date: 1 Jun. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/stat/viewProjects.do>.
- [14] —, (2011). Country statistics. Access date: 8 abr. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/stat/viewStatsByCountryAT.do?sort=cpu>.
- [15] —, (2011). Country statistics. Access date: 8 abr. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/stat/viewStatsByCountryAT.do?sort=members>.

- [16] —, (2011). FightAIDS@Home project statistics. Access date: 8 abr. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/stat/viewProject.do?projectShortName=faah>.
- [17] —, (2011). Getting started. Access date: 1 jun. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/help/viewTopic.do?shortName=minimumreq>.
- [18] —, (2011). Overview: AfricanClimate@Home. Access date: 1 jun. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/help/viewTopic.do?shortName=acah>.
- [19] —, (2011). Overview: points. Access date: 1 jun. 2011, World Community Grid, [Online]. Available: <http://www.worldcommunitygrid.org/help/viewTopic.do?shortName=points>.

Humberto Luiz de Oliveira Dalpra possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora e atualmente é Training na empresa CEOssoftware Sistemas de Informação.

Izaías Fernando Vilarino possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora.

Gabriella Castro Barbosa Costa possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora e cursa o Mestrado em Ciência da Computação na Universidade Federal de Juiz de Fora.

Mayara Mendes Paiva possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora e atualmente é Analista de Sistemas na Solucionar Informática e Sistemas.

Bruno Zonovelli da Silva possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora e cursa o Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional na Universidade Federal de Juiz de Fora.

Wagner Arbex (autor correspondente) possui Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e atualmente é Analista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e professor convidado no Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: arbex@cnpq.embrapa.br.