

## Modelagem de um Sistema Multiagente para Qualidade de Grãos

Haroldo G. F. Barroso<sup>1</sup>, Anderson F. O. Silva<sup>1</sup>, Isak H. R. Vieira<sup>1</sup>, Íthalo B. G. Moura<sup>1</sup>, Francisco S. L. Neto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordenação de Sistemas para Internet – Faculdade de Educação de Bacabal - FEBAC  
Rua 12 de outubro, 377, CEP 65700-000 – Bacabal – MA – Brazil

{haroldogomes86, ithalobgm}@gmail.com

***Abstract.** This article describes a modeling of a system whose goal is to provide quality to the grain, using resources and intelligent agents standards. A projection of a storage process is taken into account qualitative and quantitative parameters of a grain is needed to decrease the financial investment risks and to the health of post-harvest, reducing grain invalidity of time and chances transmission agrochemical diseases.*

***Resumo.** Este artigo descreve uma modelagem de um sistema, cujo objetivo é prover qualidade ao grão, utilizando recursos e padrões de agentes inteligentes. Uma projeção de um processo de armazenagem é levada em consideração, parâmetros qualitativos e quantitativos de um grão se faz necessário para diminuição de riscos de investimento financeiros e para com a saúde da pós-colheita, reduzindo o tempo de invalidade do grão e das chances de transmissão de doenças agroquímicas.*

### 1. Introdução

O Grão caracteriza-se como um produto matriz para muitos outros, dos básicos aos mais custosos, movimentando mercados gastronômicos, de bebidas e até de combustíveis, assim ganha uma notória importância no momento da conservação através de seu armazenamento, afim de que haja qualidade no processo e no produto.

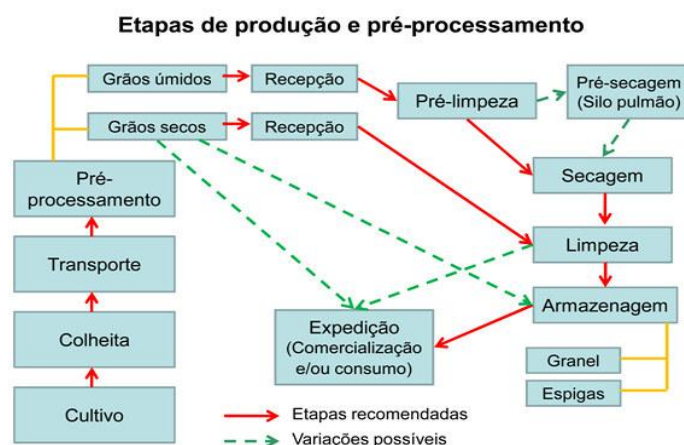
Os processos de armazenagem de grãos se destacam por englobar uma gama de rotinas, desde a colheita(automatizada ou não) até o momento de estoque, exigindo assim uma grande manutenção de qualidade do produto que demanda neste complexo ciclo. Acredita-se, que uma unidade armazenadora, técnica e convenientemente localizada, constitui uma das soluções para tornar o sistema produtivo mais econômico. Além de propiciar a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita, a retenção de produto na propriedade, quando bem conduzida, apresenta inúmeras vantagens. Dentre elas devem ser citadas: minimização das perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem no campo, pelo atraso da colheita ou durante o armazenamento em locais inadequados; economia do transporte, uma vez que os fretes alcançam seu preço máximo no "pico de safra".

A problemática no processo de armazenagem compreende-se não apenas no quesito físico, ou seja, no local de estoque ou a distribuição do produto, mas em grande parte na automatização do processo. Alguns softwares desconsideram parâmetros como

a migração da umidade e a condutibilidade térmica, que é de suma importância, mas muitas vezes definido como um parâmetro adjacente, o que leva a uma validade e qualidade menor do grão.

## 2. Processo de Colheita e Armazenagem

Em países como França, Argentina e Estados Unidos, o nível de satisfação da qualidade do grão oriundo de armazenamento (isso por que existe a opção de consumo imediato após a colheita) se encontra em 30 a 60%, enquanto no Brasil pouco mais de 5%, isso se dá não exclusivamente a fatores econômicos, mas na tecnologia implementada. É comum a utilização de softwares baseados em Inteligência Artificial nos países já citados, o que gera um diferencial competitivo de forma globalizada. É importante salientar que o processo é complexo e não totalmente especificado neste trabalho (ver figura 1), porém dois macroprocessos merecem atenção até se conceber um produto final (e utilizados em um modelo inicial proposto), são eles: o processo da colheita e o processo da armazenagem ou estocagem.



**Figura 1. Processo de colheita e armazenagem**

### 2.1. Colheita

O processo da colheita é periódico e extremamente minucioso, baseado na interseção entre o planejamento das fases (implantação da cultura) e o sistema de produção (plantio e colheita), sendo de larga escala ou não. Fatores como o mau preparo do solo, que promovem desníveis no terreno e oscilações na altura de corte durante a colheita, semeadura em época não indicada, que promove baixa estatura ou acamamento nas plantas, cultivares pouco aptas à região, presença de plantas invasoras, que promove alta umidade na área por maior tempo, e retardo na colheita são fatores indiretos de promoção de perdas[Reginato 2010].

### 2.2. Armazenagem

O processo da armazenagem ou estocagem, objeto e foco deste presente trabalho, embora tenha a sua “atenção” voltada ao estágio da dormência do grão, ainda considera suas propriedades de organismo vivo, isso facilita a irregularidade nos níveis de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa,  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , aumentando o tempo de

validade do grão, por outro lado o ambiente abiótico atrai constantemente insetos, ácaros, entre outras pragas. Tais pragas, naturalmente acabam por promover o que é conhecido por “taxa de deterioração”, o que impacta diretamente no ritmo da produção e no tempo em que pode manter estocada uma quantidade de grãos. Podem-se destacar algumas características de grãos armazenados:

(a) Massa porosa - Os grãos quando armazenados em silos ou em sacos, formam uma massa porosa constituída dos próprios grãos e do ar intersticial. O espaço ocupado pelo ar intergranular é de 40% a 45%. Pode ser determinado, facilmente, colocando-se certa quantidade de grãos em um recipiente graduado e, em seguida, derrama-se um líquido que não seja absorvido pelos grãos; óleo, por exemplo. Medindo-se a quantidade do líquido necessário para encher os espaços vazios até a superfície dos grãos, temos o volume do espaço intergranular. O oxigênio existente no espaço intergranular é utilizado no processo respiratório dos grãos.

(b) Condutibilidade térmica – Diferente de um metal, que conduz uma temperatura uniformemente, uma massa porosa de grãos recebe uma temperatura de forma diferente, O calor em uma massa de grãos é propagado por condução de grão para grão que se encontra em contato, é também conduzido por micro-convecção, em decorrência do fluxo de ar intergranular que se desloca. A massa de grãos é um bom isolante, oferecendo uma resistência ao fluxo de calor da ordem de 1/3 da resistência da cortiça.

(c) Processo respiratório – Como organismos vivos, mesmo que após a colheita, ainda existe respiração por parte dos grãos e estão sujeitos a constantes transformações. Considera-se manter em um ambiente que auxilie tal processo e que possua condições para as devidas mudanças.

(d) Umidade - Grãos secos e frios mantém melhor a qualidade original do produto. O teor de umidade é considerado o fator mais importante no controle do processo de deterioração de grãos armazenados. Se a umidade puder ser mantida a níveis baixos, os demais fatores terão seus efeitos grandemente diminuídos. Condições de armazenamento que promovem um aumento da intensidade da respiração dos grãos são prejudiciais porque produzem mudanças nas suas propriedades físicas e químicas que os tornam inúteis para o consumo "*in natura*" ou processamento industrial.

Sob baixos teores da umidade, a intensidade é baixa. Isto é explicado pelo baixo teor de  $H_2O$  capturada, viscosidade do gel citoplasmático mais alta, impedindo os processos de difusão.

(e) Temperatura - A temperatura é outro fator que afeta a armazenagem de grãos. Juntamente com a umidade, ela é considerada um fator crucial à interação de fatores bióticos e abióticos que promovem a deterioração de grãos. Como o grão é comumente colhido seco ou pode ter seu teor de umidade reduzido a um nível de segurança, este passa a ter um papel menos importante que o da temperatura. Temperaturas ideais se encontram entre 28° a 32° C.

A importância da temperatura em sistemas de armazenagem de grãos pode ser destacada de diversas maneiras:

- os gradientes de temperatura no interior de silos, causam correntes convectivas de ar

que transferem umidade de uma parte a outra do silo, provocando a migração da umidade.

- as reações químicas catalíticas e não catalíticas são mais aceleradas à medida que a temperatura aumenta. Os teores de açúcar total e de ácido graxo livre tendem a aumentar a hidrólise de amido e gordura, ativados pelas temperaturas e umidades altas. O teor de ácido graxo livre do produto, em vista disso, mostra-se como um indicador de deterioração.

- existe uma relação direta entre a temperatura de grãos armazenados e o número de insetos que os infestem, bem como, com a intensidade de infecção fúngica de grãos úmidos.

### **3. Sistemas Multiagentes**

Sistemas Multiagentes(SMA) é uma subárea da Inteligência Artificial Distribuída(IAD) que permite vários processos autônomos em função de um objetivo específico, mas não exclusivo, representados neste trabalho por uma sociedade de agentes inteligentes que de uma forma genérica são entidades autônomas que são integradas em um ambiente e é capaz de realizar algumas funções como a de perceber mudanças de estados no ambiente que está inserido e relacionar-se com outras entidades(agentes artificiais e humanos) provendo uma maior tolerância a falhas, segurança, poder computacional e aproveitamento de tecnologia. A tomada de decisão deve ser refinada através de um raciocínio e compreensão própria [Wooldridge 1999], de acordo [Abreu 2002] e [Bordini et al. 2004] com possuindo características mínimas como:

(a) Autonomia - executa as suas ações sem ou com o mínimo de interferência direta de agentes humanos ou de outros agentes computacionais, controlando o seu estado interno e as suas ações.

(b) Reatividade - é a capacidade de perceber e reagir às alterações no ambiente em que estiver inserido.

(c) Habilidade Social - é a capacidade de interagir com outros agentes (humanos ou computacionais) quando necessitar de um auxílio para resolver algum problema, ou para auxiliar outros agentes em suas atividades.

#### **3.1. Modelagem de agentes**

Em Engenharia de Software busca-se compreender os métodos e modelos de um software através de sua abstração, não diferente a Engenharia de Software Orientada a Agentes utiliza a concepção de um comportamento abstrato de um agente [Silva e Mendes 2003], no qual o ambiente é o fator principal na modelagem de agentes, pois os mesmos se adaptarão , sendo assim compreende-se que o ambiente define os objetivos, papéis e as interações que deve existir entre os agentes.

A modelagem deve ser capaz de representar as interações dentro de uma sociedade de agentes [Frigo et al. 2004], mesmos que sejam de paradigmas diferentes, definir protocolos de troca de mensagem, que instrumentos deverão ser utilizados,

identificação de grupos de agentes, bem como sua responsabilidade. Para tal fase definiu-se a utilização da linguagem de modelagem MAS-ML.

### 3.1.1. MAS-ML

MAS-ML ( *Multi-Agent System Modeling Language* - Linguagem de Modelagem para Sistemas Multiagente) dentre muitas vantagens em sua utilização podemos citar: (i) modela agentes baseados em objetivo com plano[Weiss 1999], (ii) possui uma ontologia associada, (iii) oferece suporte a objetos convencionais, (iv) identifica papéis, (v) modela adequadamente ambientes e a interação entre agente e ambiente, e (vi) introduz explicitamente novos conceitos ao metamodelo UML (*Unified Modeling Language*, Linguagem para modelagem de *softwares* orientado à objetos) relacionados a entidades orientadas a agentes, abstração e decomposição do comportamento, aspectos sociais e mentais e interações comunicativas[Silva et al. 2004] [Silva et al. 2005] [Silva et al. 2007].

## 4. Modelagem de um SMA para provimento de qualidade de grãos

Baseado no referencial de modelos de softwares com a abordagem centrada em agentes e uma linguagem para modelagem, propõe-se um arcabouço de *software*, para uma futura implementação focada inicialmente dois em processos: comunicação entre agentes de *software* e validação da qualidade de grãos na armazenagem baseada em parâmetros reais. Um primeiro modelo pode ser compreendido (ver figura 2), como a comunicação dos agentes (agente qualitativo e agente quantitativo, agem como um *ping-pong* de respostas baseados no parâmetros do subitem 2.2 deste trabalho) utilizando protocolos (regras pré-estabelecidas) para prover interação e reação entre os mesmos, de forma que o sistema possa se adaptar a novos ambientes.

Interações do *Agente\_Quantitativo*:

- (1) Pergunta ao *Agente\_Qualitativo* se o espaço do ar intragranular está entre 40% e 45%;
- (3) Aumenta-se a temperatura para melhorar a condução térmica? Indaga o agente;
- (5) O teor de *H2O* está ideal?
- (7) A temperatura do ambiente está entre 28° a 32°? .

Interações do *Agente\_Qualitativo*:

- (2) Pergunta ao *Agente\_Quantitativo* se na ocasião foi colocado algum líquido para auxílio na ocupação do espaço, pois o grão possui baixo poder de absorção;
- (4) Indaga se há possibilidade de isolar o grão manter um temperatura ambiente;
- (6) Haverá processo de difusão?
- (8) Esta temperatura é realmente ideal para esse tipo de grão ou é uma tomada de decisão genérica? .

Em um segundo modelo (ver figura 3), compreende-se as classes do agentes, bem como as classes em que ocorrerá a interação baseada nos parâmetros e a reação

entre os próprios agentes dentro de uma sociedade, havendo aprendizagem e colaboração entre os mesmos, demonstrando a possibilidade de evolução do *software* e justificando a utilização da Inteligência Artificial Distribuída, mas especificamente dos Sistemas Multiagentes, em uma classe baseada em agentes segue-se o padrão da orientação à objetos, possuindo: atributos, métodos, visibilidade e relacionamentos, porém é notória a complexidade em abstrair agente e de que forma o mesmo impacta em uma sociedade.

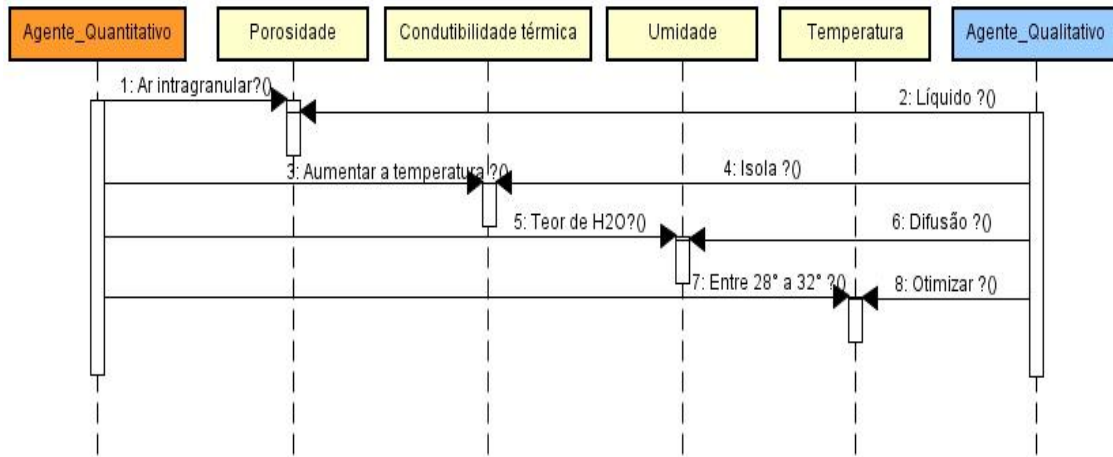


Figura 2. Interação e comunicação entre agentes.

Um modelo de classes é proposto seguindo as especificações dos parâmetros, demonstrando ênfase as ações desempenhadas pelos agentes de reagir e se socializar utilizando uma classe Protocolo, que é responsável pela mensuração se todos os parâmetros estão apresentando um resultado médio ou não, no qual a partir da segunda interação pós-medição o agente escala em nível de aprendizagem e sociabilidade.

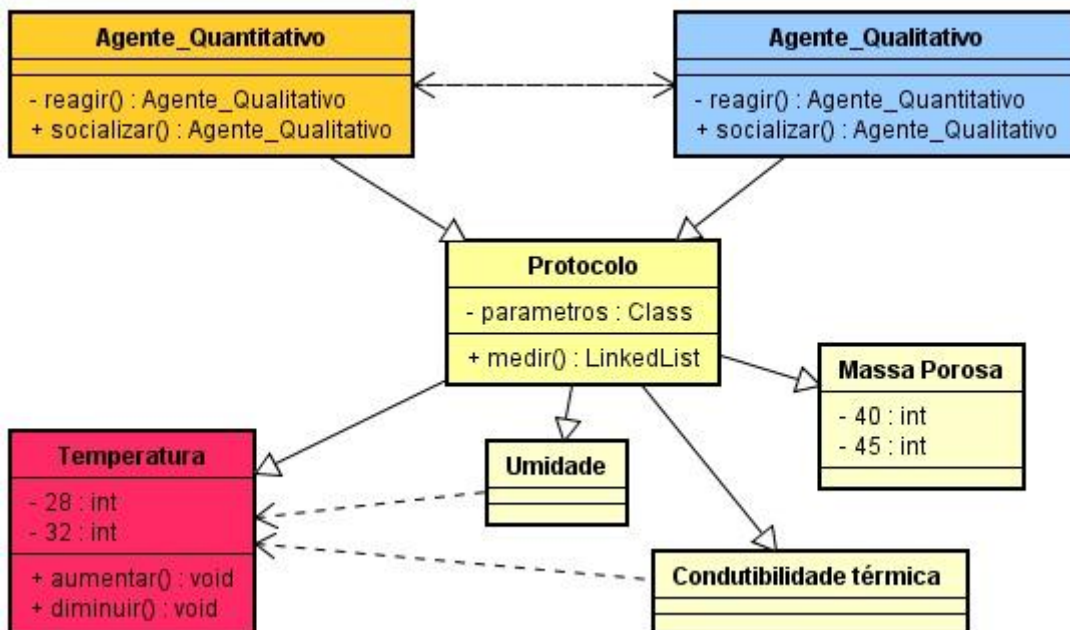


Figura 3. Classes de agentes

## 6 Trabalhos futuros

Em um trabalho futuro será implementado uma sociedade de agentes para mensuração de qualidade do grão, porém se faz necessário modelar tal software afim de que os erros sejam mínimos e de fácil correção, compreender a um nível mais complexo tais requisitos que envolvem esta problemática, antes do desenvolvimento de um protótipo.

## 7 Conclusões

Os Sistemas Multiagentes através de literaturas, *softwares* e modelos demonstram a cada dia seu avanço em várias áreas, não diferente no setor agrário, responsável por grande fatia no PIB(Produto interno bruto) e com constantes desafios tecnológicos, os SMA's solidificam recursos de evolução, aprendizagem e poderio computacional.

## 8 Referências

Abreu, B. L., Silva, C. R., Souza, F. F.: *SEI – Sistema de Ensino Inteligente*. Disponível em:[http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/cientificos/SEI-Sistema deEnsinoInteligente.pdf](http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/cientificos/SEI-Sistema%20deEnsinoInteligente.pdf). Acessado em: 02/04/2015.

Bordini, R. H., Vieira, R., Moreira, A. F.: *Fundamentos de Sistemas Multiagentes*. Disponível em: <http://www.inf.unioest.br/~cbrizzi/FSMA-bordini.pdf>. Acessado em: 14/04/2015.

Friego, L. Pozzebon, E. Bittencourt, G. O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes. World Congress on Engineering and Technology Education. 2004, São Paulo, Brasil.

Silva, P. S.; Mendes, M. J. (2003). Uma Abordagem para Incorporar Mecanismos de Inteligência Artificial a Agentes Móveis. XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Natal, Rio Grande do Norte. pp. 837-852.

Silva, V. T. da; Choren, R.; Lucena, C. J. P. de (2004). Using the MAS-ML to Model a Multi-agent System. Em: Software Engineering for Multi-Agent Systems II, Berlin: Springer, p 349-351.

Silva, V. T.; Choren, R.; Lucena, C. J. P. de (2005). Using UML 2.0 Activity Diagram to Model Agent Plans and Actions. The International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS'2005), 4th. Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Netherlands, Holanda, pp. 594-600, v. 2, n.1, ACM, ISBN: 1- 59593-094-9.

Silva, V. T.; Choren, R.; Lucena, C. J. P. de (2007). MAS-ML: A Multi-Agent System Modeling Language. Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications (OOPSLA); In: Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications; Anaheim, CA, USA, ACM Press, pp. 304-305.

Regitano M. A. B. d'Arce (2010) Pós Colheita E Armazenamento De Grãos. Material Didático. Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP

Wooldridge, M., Jennings, N.: *Intelligent Agents: Theory and Practice*. (1999) Disponível em:<http://www.doc.mmu.ac.uk/STAFF/mike/ker95/ker95-html.html>.

Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press, Massachusetts.