

Laboratório de CCI-36/37

Alunos:

Alexandre Hideki Deguchi Martani

Dalton Vinicius Teixeira Pinto

Objetivo

Este laboratório tem como objetivo o estudo e compreensão de modelos de simulação. Foram escolhidos os modelos de abordagem por eventos e por atividades.

Os detalhes de cada implementação e os resultados obtidos estão devidamente comentados nos itens a seguir.

Descrição do Problema

A descrição do problema apresentada no roteiro pode ser expressa segundo os diagramas de ciclos apresentados a seguir:

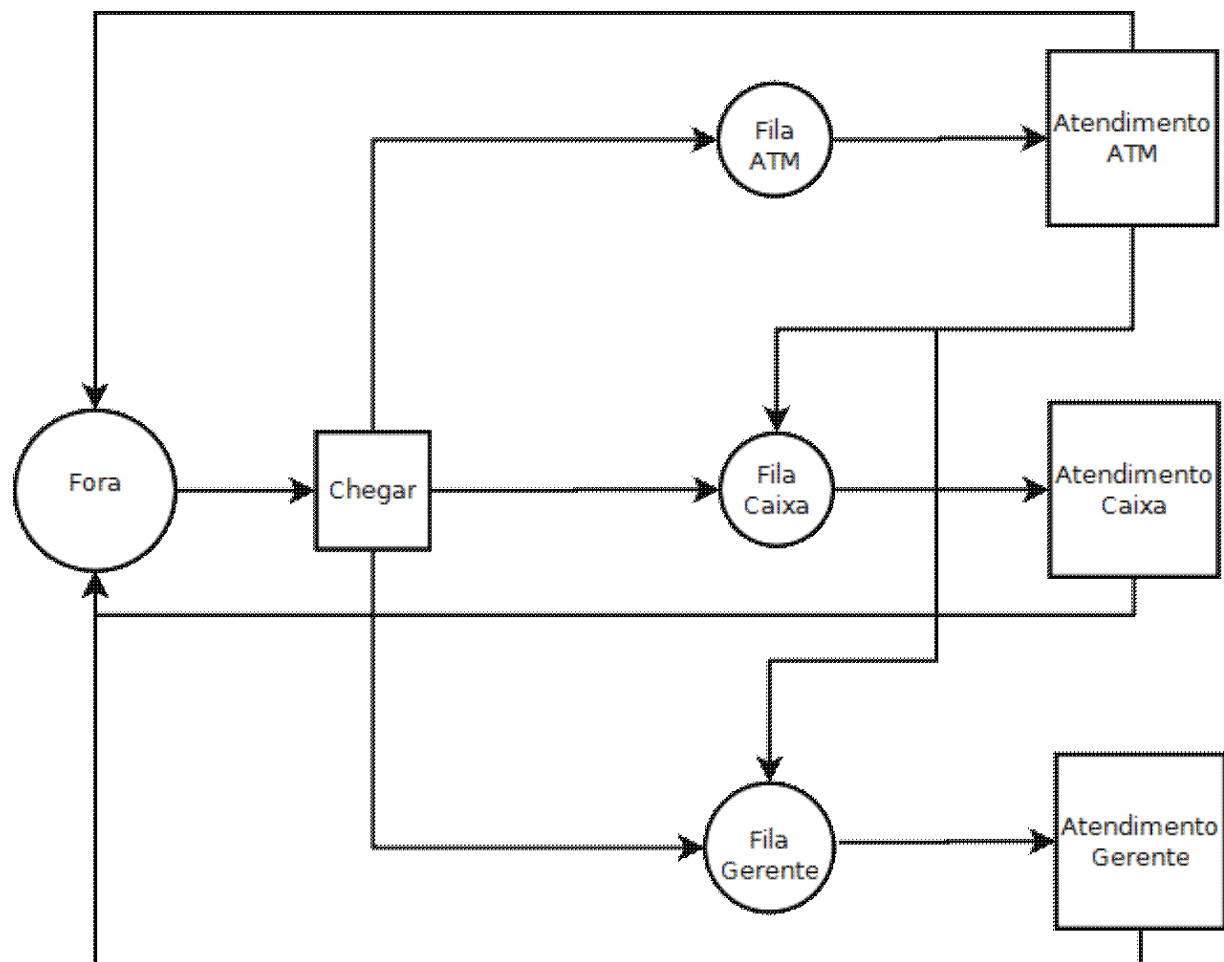


Diagrama de Ciclos de Cliente

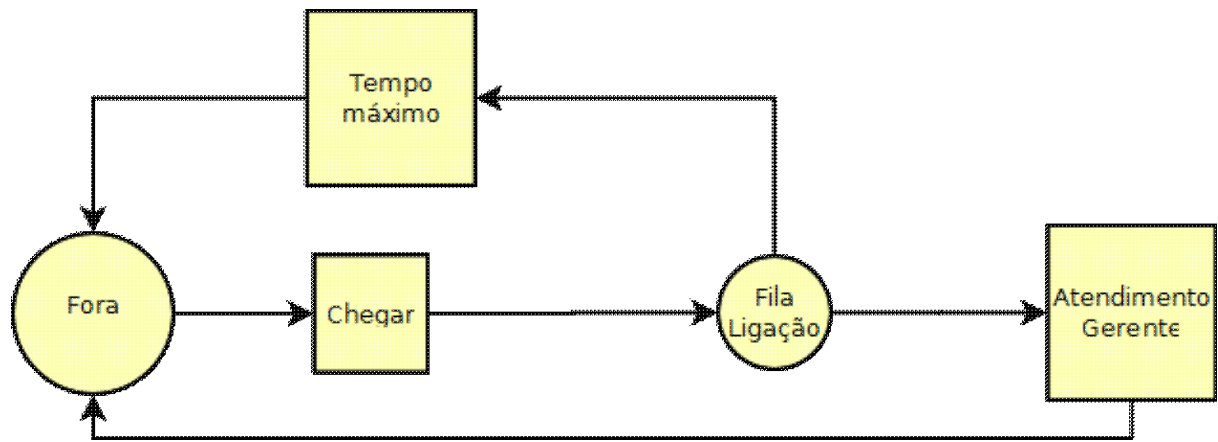


Diagrama de Ciclos de Ligação

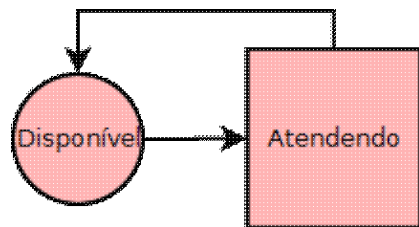


Diagrama de Ciclos de Caixa Eletrônico

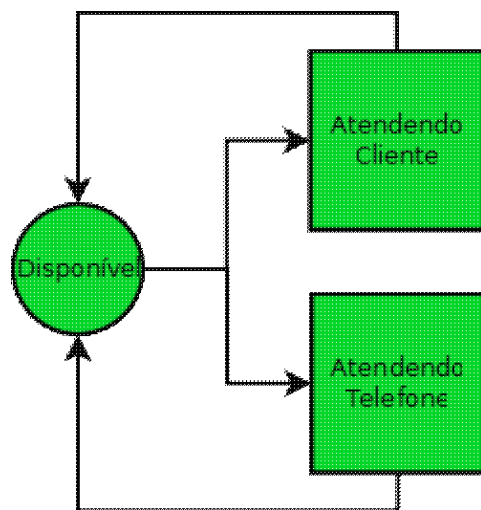


Diagrama de Ciclos de Gerente

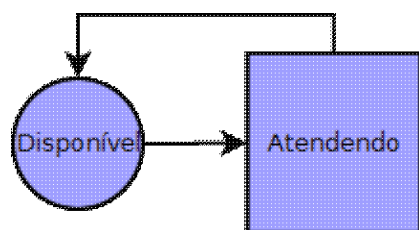


Diagrama de Ciclos de Operador de Caixa

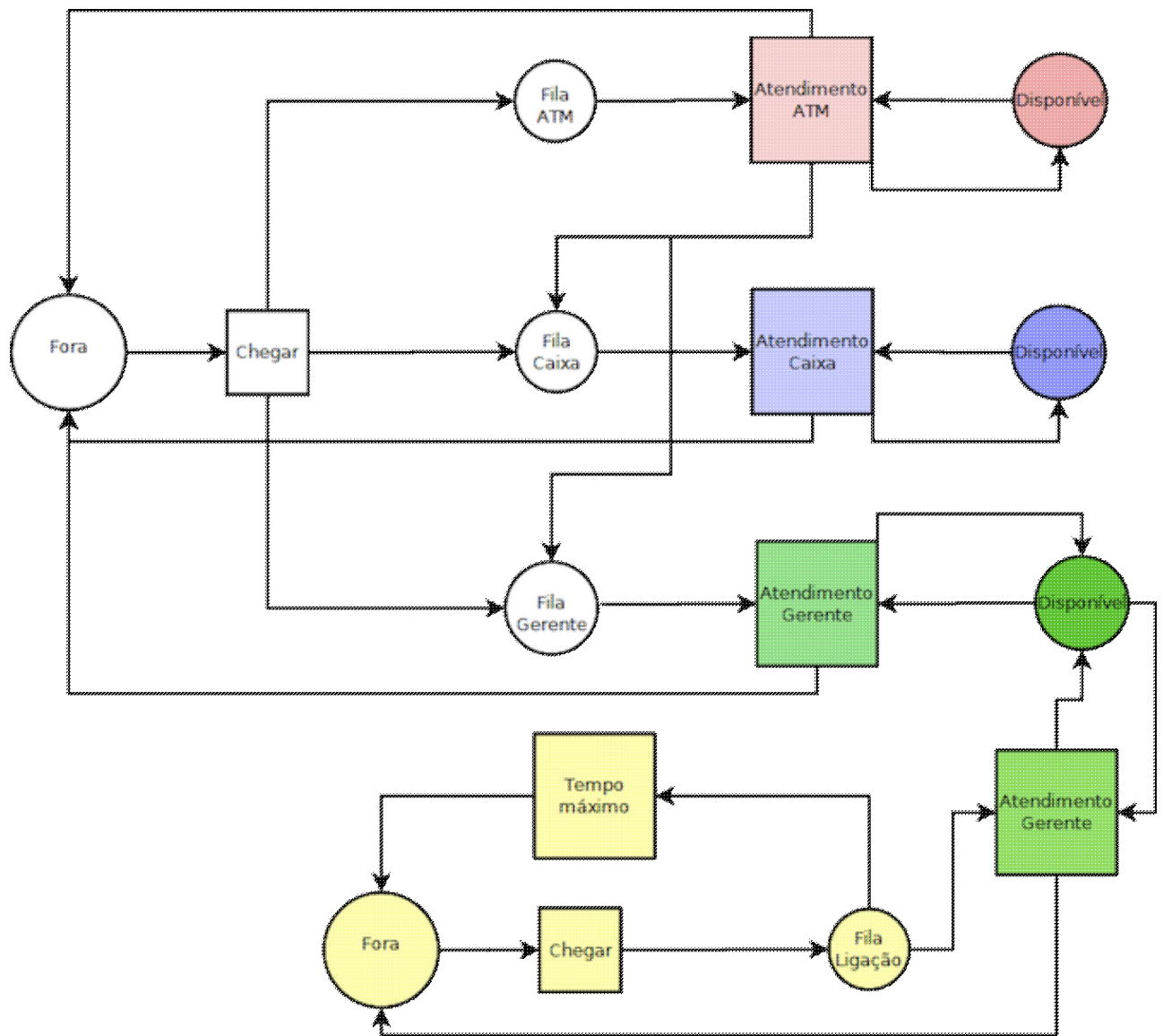


Diagrama de Ciclos Integrado

Abordagem por Eventos

Descrição Geral

Usando a modelagem por eventos, foram implementadas as classes CClient e CCall.

Cada objeto da classe CClient representa um cliente presencial que entrou no banco. Cada objeto da classe CCall representa uma ligação para o gerente.

Descrição das rotinas

As classes básicas não foram alteradas a partir do exemplo dado em classe. As classes CCall e CClient implementam a abordagem por eventos, sendo cada método representando um evento, ou uma subrotina de um evento. Os eventos são agendados e executados pela classe básica CEventExecutive.

Classe CCall:

- *ArriveCall*: Trata a chegada de uma ligação; Se o gerente está livre, inicia o serviço e agenda o fim do serviço, caso contrário, coloca a ligação na fila de ligações. Também agenda a chegada da próxima ligação.
- *ScheduleEndCall*: Verifica que o tempo que o cliente esperou é maior que o limite. Se for, termina a ligação imediatamente e registra um não atendimento; caso contrário, agenda o final do serviço.
- *EndCallService*: Trata o final do serviço da ligação, coletando estatísticas.
- *EndCall*: Encerra a ligação. Verifica se há outra ligação ou outro cliente na fila para o gerente, se houver, inicia o serviço do mesmo; caso contrário, coloca o gerente em estado livre.
- *ExecuteEvent*: Classe de ajuda para roteamento dos eventos.

Classe CClient:

- *ScheduleEndATMService*: Agenda o final do serviço no ATM.
- *ScheduleEndManagerService*: Agenda o final do serviço no gerente.
- *ScheduleEndTellerService*: Agenda o final do serviço no caixa.
- *ArriveClient*: Trata a chegada de um cliente. Basicamente, decide para onde o cliente deseja ir e chama uma das funções GoTo*. Também agenda a chegada do próximo cliente.
- *GoToATM*: Trata a ida do cliente ao ATM. Se o ATM estiver livre e sem fila, ele vai no ATM, caso contrário, ele entra no fim da fila.
- *GoToManager*: Trata a ida do cliente ao gerente. Se o gerente estiver livre e sem fila e não tiver nenhuma ligação na fila, ele vai no gerente, caso contrário, ele entra no fim da fila.
- *GoToTeller*: Trata a ida do cliente ao caixa. Se o caixa estiver livre e sem fila, ele vai no caixa, caso contrário, ele entra no fim da fila.
- *GoOut*: Trata a saída do cliente, gerando estatística de tempo de permanência do cliente no sistema.
- *EndATMService*: Trata o fim do serviço de ATM, onde o cliente pode decidir sair ou ir para o caixa ou ir para o gerente. Verifica a fila do ATM para a presença de outros clientes e processa o próximo, ou marca o ATM como livre.
- *EndManagerService*: Trata o fim do serviço de gerente, depois do qual o cliente sai da agência. Verifica a fila de ligações e a de clientes no gerente e processa o próximo, ou marca o gerente como livre.
- *EndTellerService*: Trata o fim do serviço de caixa, depois do qual o cliente sai da agência. Verifica a fila do caixa para a presença de outros clientes e processa o próximo, ou marca o caixa como livre.
- *ExecuteEvent*: Classe de ajuda para roteamento dos eventos.

Listagem do Programa

Os arquivos da modelagem por atividades estão em anexo, no arquivo .zip no qual este relatório foi entregue, a descrição de cada arquivo segue a seguir:

- *EventApproach.cpp*: Programa principal, no qual estão descritas as rotinas e classes específicas para a solução do problema na abordagem de eventos.
- *Event.h*: Biblioteca oferecida pelo professor para a realização do laboratório, tal biblioteca possui as classes básicas para a modelagem por eventos.
- *Statistics.h*: Biblioteca oferecida pelo professor que contém rotinas para o tratamento estatístico dos dados. Tal biblioteca foi ligeiramente modificada para facilitar a realização do laboratório.
- *CLista*: Biblioteca oferecida pelo professor, que contém a representação de listas usadas nos outros arquivos.

Observação: Para compilar e executar o laboratório, é necessário que exista a pasta output para que as saídas de debug sejam devidamente geradas sem que o programa pare de funcionar.

Abordagem por Atividades

Descrição Geral

Usando a modelagem por atividades, foi implementada a classe CBank em C++.

Tal classe trata de todas as atividades realizadas para a simulação do funcionamento de um banco.

Tal classe CBank possui uma entidade CEntity, que pode ser um cliente ou uma chamada, a ser tratada adequadamente por cada atividade.

Assim, foi criado o executor CBankExecutor para gerenciar as atividades CBank.

Descrição das rotinas

Basicamente, o executor CBankExecutor possui as rotinas básicas para gerenciar a execução da atividades que ele possui. Assim sendo, ele executa o time scan e para cada periodo de tempo dado, as atividades são obtidas e executadas.

A execução de cada atividade ocorre através da rotina *ExecuteActivity*, que executa todas as atividades após, onde cada uma checa se deve realizar algo, ou não. Estas atividades são: *ArriveClient*, *ArriveCall*, *StartManager*, *EndManager*, *StartCall*, *EndCall*, *StartTeller*, *EndTeller*, *StartATM* e *EndATM*.

- *ArriveClient*: Trata de enfileirar a chegada de um cliente, e agendar a chegada do próximo.
- *ArriveCall*: Trata de enfileirar a chegada de uma chamada telefônica, e agendar a chegada da próxima.
- *StartManager*: Trata de iniciar a execução do atendimento de um cliente pelo Gerente, agendando o termino do atendimento, se este estiver livre e não houver nenhuma chamada telefônica pendente.
- *EndManager*: Trata de terminar execução do atendimento de clientes pelo Gerente, deixando o Gerente livre para realizar outras tarefas.
- *StartCall*: Trata de iniciar a execução do atendimento de chamada telefônica pelo Gerente, agendando o termino do atendimento, se este estiver livre.
- *EndCall*: Trata de terminar execução do atendimento de chamadas telefônicas pelo Gerente, deixando-o livre para realizar outras tarefas.
- *StartTeller*: Trata de iniciar a execução do atendimento de um cliente pelo Operador de Caixa, agendando o termino do atendimento, se este estiver livre.
- *EndTeller*: Trata de terminar execução do atendimento de cliente pelo Operador de Caixa, deixando-o livre para atender um novo cliente.
- *StartATM*: Trata de iniciar a execução do atendimento de um cliente pelo Caixa Eletrônico, agendando o termino do atendimento, se este estiver livre.
- *EndATM*: Trata de terminar execução do atendimento de cliente pelo Caixa Eletrônico, deixando-o livre para atender um novo cliente. Tal atividade também reencaminha o cliente para próximo atendimento, se necessário (Gerente ou Operador d Caixa).

Listagem do Programa

Os arquivos da modelagem por atividades estão em anexo, no arquivo .zip no qual este relatório foi entregue, a descrição de cada arquivo segue a seguir:

- *ActivityApproach.cpp*: Programa principal, no qual estão descritas as rotinas e classes especificas para a solução do problema na abordagem de atividades.
- *Activity.h*: Biblioteca oferecida pelo professor para a realização do laboratório, tal biblioteca possui as classes necessárias para a implementação das classes específicas do executor, atividade além de

conter a classe CEntity, usada para modelar os clientes e chamadas.

- *Statistics.h*: Biblioteca oferecida pelo professor que contém rotinas para o tratamento estatístico dos dados. Tal biblioteca foi ligeiramente modificada para facilitar a realização do laboratório.
- *CLista*: Biblioteca oferecida pelo professor, que contém a representação de listas usadas pela biblioteca *Activity.h*.

Observação: Para compilar e executar o laboratório, é necessário que exista a pasta output para que as saídas de debug sejam devidamente geradas sem que o programa pare de funcionar.

Resultados

A execução desta modelagem para foi feita para os períodos de 6 meses, 1 ano, 2 anos, 5 anos e 10 anos.

Os resultados resumidos de cada período são dados pelas tabelas a seguir:

Simulação para 6 Meses

Abordagem de eventos

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
ATM Duration	8639	4.139626	1.856091	0.201708	11.671191
ATM Wait	8640	3.615144	5.233116	0.000000	45.755213
Call Duration	4856	5.491084	2.604546	1.000275	9.997803
Call Wait	6000	5.770160	4.418497	0.000000	22.094143
Call in System	5999	9.746281	3.714657	1.047243	19.759047
Calls Attended	6000	0.809500	0.392728	0.000000	1.000000
Client Wait	14855	10.317207	29.185992	0.000000	361.870354
Client in System	12290	19.607746	33.984445	0.205717	393.747934
Manager Duration	2582	10.115257	3.970364	0.250733	24.764223
Manager Wait	2582	42.971469	58.970911	0.000000	361.870354
Teller Duration	3633	7.114611	2.876479	0.205717	16.965734
Teller Wait	3633	3.048428	5.441702	0.000000	51.844464

Abordagem de atividades

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
atm duration	8568	4.165867	1.882081	0.202444	11.403990
atm wait	8569	3.630753	5.361806	0.000000	42.128952
call duration	4683	5.509418	2.597591	1.000407	9.995993
call in system	4683	9.647131	4.116738	1.004345	19.684191
call wait	5993	6.071159	4.734937	0.000000	30.133119
calls attended	5993	0.781579	0.413209	0.000000	1.000000
client in system	12207	18.914280	27.463958	0.202444	304.283557
client wait	14789	9.751271	22.949312	0.000000	270.117981
manager duration	2485	9.966270	3.869498	0.250387	25.282985
manager wait	2485	40.866090	42.751382	0.000000	270.117981

teller duration	3735	7.020002	2.941426	0.209480	18.358931
teller wait	3735	3.091672	5.419531	0.000000	44.117299

Simulação para 1 Ano

Abordagem de eventos

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
ATM Duration	17039	4.136116	1.866040	0.201708	11.671191
ATM Wait	17039	3.572752	5.250746	0.000000	45.755213
Call Duration	9797	5.451216	2.584267	1.000000	9.998627
Call Wait	12068	5.701660	4.406541	0.000000	22.094143
Call in System	12068	9.671804	3.686608	1.001099	19.830034
Calls Attended	12068	0.811816	0.390875	0.000000	1.000000
Client Wait	29203	8.837090	23.547547	0.000000	361.870354
Client in System	24218	17.747999	27.856636	0.202919	393.747934
Manager Duration	5007	10.133043	3.914927	0.210398	24.764223
Manager Wait	5008	35.389655	47.470118	0.000000	361.870354
Teller Duration	7156	7.062615	2.881191	0.205174	18.595667
Teller Wait	7156	2.789549	4.942664	0.000000	51.844464

Abordagem de atividades

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
atm duration	16972	4.139690	1.868442	0.201759	11.420893
atm wait	16973	3.575153	5.288062	0.000000	42.662593
call duration	9442	5.481248	2.582245	1.000407	9.998804
call in system	9442	9.752509	4.087556	1.004345	19.684191
call wait	12261	6.281415	4.776826	0.000000	31.315765
calls attended	12261	0.770084	0.420796	0.000000	1.000000
client in system	24342	19.636214	30.489836	0.202444	331.357688
client wait	29422	10.358609	25.812424	0.000000	310.274037
manager duration	4938	10.127063	3.809828	0.215727	26.741799
manager wait	4939	44.560014	49.211696	0.000000	310.274037
teller duration	7509	7.052402	2.916333	0.209480	18.358931
teller wait	7510	3.196804	5.482631	0.000000	44.117299

Simulação para 2 Anos

Abordagem de eventos

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
ATM Duration	34260	4.141231	1.862733	0.200389	12.275606
ATM Wait	34261	3.495694	5.013987	0.000000	45.755213

Call Duration	19637	5.474041	2.586310	1.000000	9.998627
Call Wait	24171	5.719821	4.406592	0.000000	22.094143
Call in System	24170	9.706560	3.687666	1.001099	19.883716
Calls Attended	24171	0.812461	0.390352	0.000000	1.000000
Client Wait	58706	8.600135	21.522326	0.000000	361.870354
Client in System	48570	17.498326	25.728048	0.202919	393.747934
Manager Duration	9940	10.118849	3.878482	0.210398	24.764223
Manager Wait	9940	34.525703	42.464225	0.000000	361.870354
Teller Duration	14504	7.071964	2.878086	0.205174	18.595667
Teller Wait	14505	2.890594	5.001483	0.000000	51.844464

Abordagem de atividades

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
atm duration	33922	4.137965	1.864010	0.201759	12.181896
atm wait	33923	3.465512	5.026479	0.000000	42.662593
call duration	18740	5.483480	2.590704	1.000407	9.998804
call in system	18740	9.696642	4.124551	1.003388	19.755275
call wait	24255	6.208387	4.777759	0.000000	34.377662
calls attended	24255	0.772665	0.419119	0.000000	1.000000
client in system	48581	18.613225	28.206896	0.202444	331.357688
client wait	58698	9.529119	23.746118	0.000000	310.274037
manager duration	9808	10.100937	3.877793	0.203189	26.832446
manager wait	9808	40.306494	45.905201	0.000000	310.274037
teller duration	14966	7.049603	2.899892	0.209480	19.112613
teller wait	14967	3.103734	5.290912	0.000000	44.117299

Simulação para 5 Anos

Abordagem de eventos

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
ATM Duration	84895	4.138439	1.861361	0.200389	12.275606
ATM Wait	84895	3.479821	5.075014	0.000000	62.147405
Call Duration	48670	5.492334	2.588744	1.000000	9.999725
Call Wait	60075	5.745037	4.419408	0.000000	22.706387
Call in System	60075	9.726180	3.680051	1.001099	19.957843
Calls Attended	60075	0.810154	0.392182	0.000000	1.000000
Client Wait	146342	8.647497	21.369220	0.000000	361.870354
Client in System	121008	17.575396	25.599604	0.200585	393.747934
Manager Duration	24935	10.091036	3.882068	0.203520	26.212716
Manager Wait	24936	34.698061	41.688126	0.000000	361.870354
Teller Duration	36510	7.075288	2.882096	0.201974	18.609883
Teller Wait	36511	2.871510	4.956885	0.000000	51.844464

Abordagem de atividades

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
atm duration	84436	4.140969	1.862674	0.200681	12.181896
atm wait	84436	3.464934	5.021251	0.000000	50.108404
call duration	46633	5.499744	2.585519	1.000033	9.999463
call in system	46633	9.738059	4.099945	1.000368	19.975167
call wait	60367	6.236943	4.785335	0.000000	48.987263
calls attended	60367	0.772492	0.419227	0.000000	1.000000
client in system	121104	18.726493	28.595492	0.200681	346.831674
client wait	146340	9.609135	24.112179	0.000000	342.918013
manager duration	24622	10.103307	3.863379	0.203189	26.832446
manager wait	24623	40.511503	46.656190	0.000000	342.918013
teller duration	37281	7.061668	2.895419	0.209480	21.990956
teller wait	37281	3.114749	5.385363	0.000000	53.848460

Simulação para 10 Anos

Abordagem de eventos

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
ATM Duration	170000	4.139222	1.861857	0.200389	12.275606
ATM Wait	170001	3.463017	5.041185	0.000000	62.147405
Call Duration	97745	5.499256	2.595543	1.000000	9.999725
Call Wait	120626	5.742840	4.414164	0.000000	25.362012
Call in System	120626	9.731761	3.687520	1.001099	19.957843
Calls Attended	120626	0.810315	0.392054	0.000000	1.000000
Client Wait	293180	8.812452	21.723697	0.000000	361.870354
Client in System	242159	17.800709	26.021631	0.200585	393.747934
Manager Duration	49855	10.097285	3.876240	0.203520	27.549700
Manager Wait	49856	35.653974	42.199434	0.000000	361.870354
Teller Duration	73322	7.091266	2.879944	0.201974	19.403691
Teller Wait	73323	2.964331	5.174088	0.000000	59.846575

Abordagem de atividades

Grandeza	Total	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
atm duration	169735	4.140539	1.865045	0.200062	13.267173
atm wait	169736	3.494541	5.040700	0.000000	53.240260
call duration	93191	5.493792	2.592358	1.000033	9.999874
call in system	93191	9.732696	4.105017	1.000119	19.975167
call wait	120471	6.232930	4.790617	0.000000	48.987263
calls attended	120471	0.773564	0.418526	0.000000	1.000000
client in system	242512	18.733024	28.397076	0.200681	434.647716
client wait	293238	9.608537	23.912859	0.000000	406.266082
manager duration	49413	10.099489	3.879874	0.203189	26.832446
manager wait	49413	40.455321	46.037706	0.000000	406.266082

teller duration	74089	7.066864	2.895610	0.200799	21.990956
teller wait	74089	3.042558	5.303020	0.000000	53.848460

Descrição dos Campos

- *call wait*: Tempo de espera de chamadas
- *call in system*: Tempo que as chamadas ficam no sistema
- *call duration*: Duração do atendimento de cada chamada
- *call attended*: Atendimentos de chamada (valor 1 para chamada atendida, valor 0 para chamada não atendida, sendo que o total é o numero de chamadas)
- *client wait*: Tempo de espera do cliente, para cada atendimento, independente de qual
- *client in system*: Tempo que cada cliente fica no sistema
- *manager wait*: Tempo de espera do cliente aguardando o gerente
- *manager duration*: Duração do atendimento do cliente pelo gerente
- *teller wait*: Tempo de espera do cliente aguardando o operador de caixa
- *teller duration*: Duração do atendimento do cliente pelo operador de caixa
- *atm wait*: Tempo de espera do cliente aguardando o caixa eletrônico
- *atm duration*: Duração do atendimento do cliente pelo caixa eletrônico

Análise dos Resultados

Pode-se perceber que em todos os dados, tem-se uma convergência rápida, sendo que eles diferem pouco. Isso pode denotar que a aproximação obtida é boa.

Ainda assim, alguns dos dados apresentam comportamento estranho, como os valores de *manager wait* (Espera do cliente para atendimento com gerente). Porém este tipo de resultado é facilmente entendido ao olharmos os valores máximos, que são extremamente altos. Isso significa que apesar da grande maioria dos valores estarem concentrados perto de valores relativamente baixos, existem valores extremos muito grandes, que fazem com que o desvio padrão seja bem elevado.

Comparação entre as Abordagens

A dificuldade da abordagem de eventos é a grande quantidade de casos que precisam ser tratados em cada evento. Adicionar mais uma condição, por exemplo, mais um tipo de cliente que visita o gerente, requer alterações em diversos pontos do código.

Já na abordagem por atividades tem-se grande facilidade em adicionar novas atividades, basta adicionar uma rotina simples a mais para que cada uma seja tratada adequadamente, com o devido cuidado de fazer as checagens de tipo de atividade e tempo. A desvantagem é a grande quantidade de verificações de tipo de atividade e de tempo, presente em praticamente todos os métodos. Nesta abordagem, há uma quantidade muito maior de chamadas de métodos, que são descartados nessa verificação. Porém, tais chamadas consomem tempo de programação e de processamento.

Em ambos os métodos, nota-se a existência do acoplamento entre as classes, pois por exemplo, ao fazer com que o gerente atenda prioritariamente chamadas telefônicas, é preciso que a rotina de atendimento ao cliente esteja programada adequadamente, fazendo com que o atendimento não seja realizado se houver chamada telefônica em espera. Este tipo de raciocínio é sutil, mas causa grandes problemas e é difícil de ser notado.

Assim como o esperado, ambas implementações trouxeram valores muito próximos, como exemplo temos a espera por atendimento no caixa eletrônico para o período de 10 anos: por atividade obteve-se 3.49 mins com desvio padrão de 5.04 mins, já na abordagem por eventos obteve-se 3.46 mins com desvio padrão de 5.04

mins.

Alguns poucos valores apresentaram uma diferença um pouco maior, como a espera por atendimento do gerente no período de 10 anos: por atividade obteve-se 40.45 mins com desvio padrão de 46.04 mins, já para eventos, obteve-se 35.65 mins com desvio padrão de 42.20 mins. A primeira vista, estes dados parecem ruins pela distância da ordem de 10%, porém nota-se que o desvio padrão é muito grande, tornando-os compatíveis ainda assim. Esse grande desvio padrão é devido a presença de alguns poucos valores muito altos no conjunto de amostras, no caso de atividades, obteve-se um valor máximo de 406.26 mins e no de eventos um valor máximo de 361.87, assim variações nesses campos são totalmente compreensíveis e esperadas.

Conclusão

Com a realização deste laboratório, pode-se compreender melhor as possíveis implementações de modelos de simulações.

Os resultados obtidos foram coerentes com o esperado, uma vez que, para abordagens diferentes, foi possível obter valores bem próximos para cada grandeza estudada. Em algumas grandezas, os valores não foram tão próximos quanto o esperado, porém tal resultado é facilmente compreendido quando se observa que estes estão dentro da faixa determinada pelo desvio padrão.

Além disso, foi possível comparar as vantagens e desvantagens de cada um dos modelos de simulações utilizados, tornando possível uma escolha mais consciente do modelo que será adotado em trabalhos futuros.