
Marlon Henry Schweigert

*Análise de arquiteturas de microserviços empregados a jogos
MMORPG voltada a otimização do uso de recursos de
gerenciamento de mundos virtuais*

Joinville

2018

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Marlon Henry Schweigert

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE MICROSERVIÇOS
EMPREGADOS A JOGOS MMORPG VOLTADA A
OTIMIZAÇÃO DO USO DE RECURSOS DE
GERENCIAMENTO DE MUNDOS VIRTUAIS

Trabalho de conclusão de curso submetido à Universidade do Estado de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação

Charles Christian Miers
Orientador

Joinville, Junho de 2018

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE MICROSERVIÇOS EMPREGADOS A JOGOS MMORPG VOLTADA A OTIMIZAÇÃO DO USO DE RECURSOS DE GERENCIAMENTO DE MUNDOS VIRTUAIS

Marlon Henry Schweigert

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência da Computação Integral do CCT/UDESC.

Banca Examinadora

Charles Christian Miers - Doutor (orientador)

Débora Cabral Nazário - Doutora

Guilherme Piegas Koslovski - Doutor

Agradecimientos

AGRADECIMENTOS

Resumo

crescente popularização de jogos massivos demanda por novas abordagens tecnológicas a fim de suprir as necessidades dos usuários com menor custo de recursos computacionais. Projetar essas arquiteturas, do ponto de vista da rede, é algo pertinente e impactante para o sucesso desses jogos. O objetivo deste trabalho é propor uma análise voltada a identificar abordagens para otimização dos recursos computacionais consumidos pelas arquiteturas identificadas. Esse objetivo será atingido após realizar uma pesquisa referenciada, seguida de uma análise das principais arquiteturas e, preferencialmente, a execução de simulações usando uma nuvem computacional para auxiliar na identificação de gargalos de recursos. Os resultados obtidos auxiliarão provedores de serviços *Massively Multiplayer Online Role-Playing Game* (MMORPG) a reduzir gastos de manutenção e melhorar a qualidade de tais serviços.

Palavras-chaves: Arquitetura de microsserviços, Desenvolvimento de jogos, Rede de jogos, Jogos massivos, Otimização de recursos, Nuvens computacionais

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Keywords: Cloud computing, Traffic characterization, Management network, Traffic monitoring system, Performance analysis, OpenStack.

Sumário

Lista de Figuras	5
Lista de Tabelas	6
Lista de Abreviaturas	7
1 Introdução	8
2 Fundamentação Teórica	9
2.1 Jogos Eletrônicos	9
2.1.1 Árvore de gêneros de jogos eletrônicos	10
2.2 Jogos Massivos	13
2.3 Arquitetura de Clientes MMORPG	14
2.4 Arquitetura de Serviços MMORPG	16
2.5 Arquitetura de Microserviços	18
2.6 Arquitetura de Microserviços para MMORPGs	18
2.6.1 Protocolos Utilizados	18
2.7 Trabalhos Relacionados	18
3 Proposta para caracterização de tráfego	19
4 Considerações & Próximos passos	20
Referências	21

Lista de Figuras

2.1	Árvore de gêneros de jogos eletrônicos simplificada.	13
2.2	Requisição de uma chamada de método pela visão do cliente.	15
2.3	Área de interesse com base na proximidade de um jogador	16

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas

FPS *First-person shooter*

HTTP *Hypertext Transfer Protocol*

MMO *Massively Multiplayer Online*

MMORPG *Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*

MOBA *Multiplayer Online Battle Arena*

NPCs *Non-Playable Characters*

POF *Point of View*

REST *Representational State Transfer*

RPG *Role-Playing Game*

RTS *Real-Time Strategy*

TCP *Transmission Control Protocol*

TPS *Third-person Shooter*

UDP *User Datagram Protocol*

1 Introdução

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Jogos Eletrônicos

O primeiro sistema de entretenimento interativo foi construído em 1947, utilizando como base de exibição um tubo de raios catódicos, criado por Thomas Goldsmith Jr. e Estle Ray Mann. Essa criação foi patenteada em janeiro de 1948, datando então o início dos jogos eletrônicos (ADAMS, 2014; GOLDSMITH, 1947).

O jogo eletrônico, ou entretenimento interativo, é uma atividade intelectual que integra um sistema de regras, na qual utiliza tal sistema a fim de definir seus objetivos ou pontuação por meio de um computador com o objetivo de despertar alguma emoção ao jogador (HANNA, 2015). Os jogos eletrônicos são aplicações convencionais, que executam sobre algum sistema operacional ou hardware apropriado a este fim. O sistema operacional, hardware ou base de execução da aplicação gráfica define a sua plataforma, *e.g.*, GNU/Linux, MS-Windows, Sony PS4, MS-XBox, web (ADAMS, 2006).

Inicialmente os jogos eram implementados de forma simples por conta da limitação das plataformas dos anos 80. As implementações de jogos para videogames eram desenhadas diretamente para algum hardware proprietário, sem sistema operacional, por muitas vezes sem utilizar comunicação por rede ou memória de disco (ROLLINGS; ADAMS, 2003). Já os jogos de computadores utilizando algum serviço online eram inviabilizados pelo custo de manutenção de tais serviços e pela baixa demanda de jogadores (ADAMS, 2006). Na década de 80, o videogame Atari foi uma plataforma popular, vendendo 30.000 unidades em seu lançamento contra apenas 2.000 unidades do seu concorrente Intellivision (YARUSSO, 2006).

O crescente recurso computacional disponível em computadores pessoais e videogames após os anos 90 permitiu que desenvolvedores criassem novos estilos de jogos que utilizavam de hardware mais especificado (ADAMS, 2006). Dentre esses hardwares, iniciou-se o uso da rede de computadores para prover a interação entre jogadores de má-

quinas distintas (STATISTA, 2018a). Jogos como EA Habitat¹, CipSoft Tibia² e Jajex Runescape³ começam a utilizar, como requisito obrigatório do jogo, a conexão com a Internet para interagir em um mundo compartilhado com outros jogadores. Tais jogos popularizaram um novo gênero, trazendo inovação em sua jogabilidade e desafio proposto ao jogar com milhares de jogadores (GUINNESS, 2013; HUANG; YE; CHENG, 2004), criando o gênero de jogos *Massively Multiplayer Online* (MMO) na árvore de gêneros (Seção 2.1.1).

2.1.1 Árvore de gêneros de jogos eletrônicos

A classificação por gênero é uma ferramenta tradicional para auxiliar a fácil identificação de características de alguma literatura, arte e outras mídias. Dentro de jogos eletrônicos, o gênero permite que jogadores comprem jogos com características próximas conforme o seu gosto (CLARKE; LEE; CLARK, 2015).

Um gênero de jogo eletrônico é uma categoria específica para agrupar estilos de jogabilidade parecidos. Porém, gêneros não definem definitivamente o conteúdo expresso em algum título, mas sim um desafio comum presente no título analisado (ADAMS, 2006; HANNA, 2015). Cada gênero de jogo contém várias variações, para uma melhor classificação. A árvore pode ser visualizada pelo diagrama na Figura 2.1. O contexto breve de cada gênero é:

- **Estratégia:** Jogos de estratégia são focados em uma jogabilidade que exija habilidades de raciocínio e/ou gerenciamento de recurso. Neste gênero, o jogador tem uma boa visualização do mundo, controlando indiretamente as suas tropas disponíveis (ROLLINGS; ADAMS, 2003). É comum encontrar jogos que disponibilizam algum modo de competição entre jogadores em uma rede local ou via Internet (ADAMS, 2006).
 - *Real-Time Strategy* (RTS): Esse utiliza as características de um jogo de estratégia, porém esse subgênero indica que as jogadas dos jogadores não são atômicas (ADAMS, 2006).

¹EA Habitat: <http://www.mobygames.com/game/c64/habitat/credits>

²Tibia: <http://www.tibia.com/>

³Jajex Runescape: <https://www.runescape.com>

- Jogos Massivos: Esse gênero de jogo preza pela interação com outros jogadores em um mundo compartilhado (ADAMS, 2006). SecondLife⁴ é um jogo focado na interação social, com artifícios de comércio e relacionamentos em um mundo fictício criado pela comunidade (KLEINA, 2018).
 - *Multiplayer Online Battle Arena* (MOBA): Este gênero coloca um número fixo de jogadores separados em dois times, no qual o time com maior estratégia de posicionamento e gerenciamento de recursos em equipe ganha a partida. Jogos MOBA perdem algumas características breves do gênero *Role-Playing Game* (RPG), deixando de lado a interpretação e contextualização de um mundo, fixando-se somente em um comate estratégico e momentâneo (distribuído em partidas átomas) entre as equipes, carregando consigo somente as características de comércio e comunidade dos jogos MMO (ADAMS, 2006). Tal subgênero é popularmente conhecido pelos títulos Blizzard Dota 2⁵ e Riot League of Legends⁶. O jogo League of Legends obteve 100 milhões de usuários ativos em 2016 (STATISTA, 2018b), além de ter um torneio nacional e mundial (SPORTV, 2018).
 - MMORPG: Esse gênero herda características dos gêneros ação e aventura, RPG, e MMO diretamente. Nesse gênero, o jogo permite interações em um mundo na qual outros jogadores também estão jogando, permitindo a interação entre outros jogadores (herdado dos jogos MMO), com o mundo (herdado dos jogos de ação e aventura), e com objetivos guiados por *Non-Playable Characters* (NPCs) (herdados de jogos RPG) (ADAMS, 2006). Um título popular para esse gênero é o jogo Word of Warcraft⁷. Esse gênero será melhor abordado na Seção 2.2.
- Aventura: Este jogo é caracterizado por desafios envolvendo ações com diversos NPCs ou com o ambiente para solucionar desafios (ADAMS, 2006).
 - Ação e Aventura: Esse gênero herda características da categoria de Ação e Aventura. O jogador é imerso em um mundo para interagir com o ambiente e com NPCs, além de se preocupar com a movimentação no cenário (ADAMS, 2006).

⁴SecondLife: <https://www.secondlife.com/>

⁵Blizzard Dota 2: <http://br.dota2.com/>

⁶Riot League of Legends: <https://br.leagueoflegends.com/pt/>

⁷Word of Warcraft: <https://worldofwarcraft.com/pt-br/>

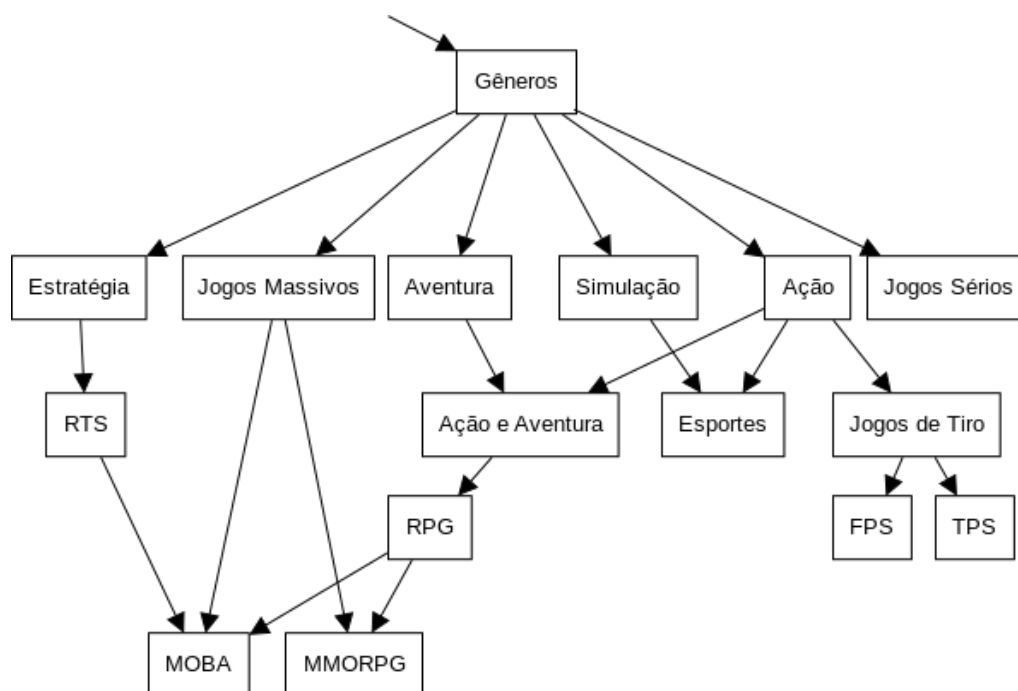
Um título popularmente conhecido desse gênero é a série de jogos nomeada Nintendo The Legend of Zelda⁸.

- Simulação: Esse gênero de jogos são desenhados sobre aspectos reais ou fictícios da realidade. Temas comuns nesse gênero são jogos de construção e gerenciamento, animais de estimação, vida social e simulação de veículos (ADAMS, 2006).
 - Esportes: Esse sub-gênero da simulação trata somente da simulação de esportes, nos quais o(s) time(s) podem ser controlados tanto por uma inteligência artificial quanto por jogadores online (ADAMS, 2006). O jogo FIFA⁹ é um título popular nesse segmento.
- Ação: Essa categoria de jogos preza pela habilidade de coordenação motora e reflexos do jogador, para tomar uma atitude a fim de passar seus objetivos no cenário. Nesse gênero os objetivos são passar por uma série de desafios que incluam movimentação e posicionamento de outros objetos no cenário (ADAMS, 2006).
 - Jogos de Tiro: Em jogos de tiro, o jogador usa um número finito de armas para executar ações a distância. O posicionamento, movimentação estratégia e mira são fatores de desafio ao jogador nesse gênero (ADAMS, 2006).
 - * *First-person shooter* (FPS): Nesse subgênero, o jogo utiliza o método de gravação conhecido como *Point of View* (POF). Nesse método, o modo de exibição do mundo é dado como a visão de um personagem do jogo, na qual o personagem não tem visão de si próprio se não por reflexos (HANNA, 2015; ADAMS, 2006).
 - * *Third-person Shooter* (TPS): Diferente dos jogos FPS, os jogos TPS utilizam cameras soltas no cenário no qual o jogador é visível na cena exibida (HANNA, 2015; ADAMS, 2006).
- Jogos sérios: Esse gênero de jogo tem como objetivo transmitir um conteúdo educacional (HANNA, 2015). O jogo Sherlock Dengue 8 (BUCHINGER, 2014) é um título desenvolvido com o objetivo de conscientizar os problemas e a prevenção da Dengue no Brasil.

⁸Nintendo The Legend of Zelda: <https://www.zelda.com/>

⁹FIFA: <https://www.easports.com/br/fifa>

Figura 2.1: Árvore de gêneros de jogos eletrônicos simplificada.



Adaptado de: (ADAMS, 2006)

O gênero abordado no atual documento refere-se à MMORPG. O desenvolvimento desse gênero segue determinados padrões de jogabilidade, tais como a interação com o mundo e demais jogadores (definidos na Seção 2.2).

2.2 Jogos Massivos

Jogos MMORPG são utilizados como negócio viável e lucrativo, sendo que experiência de jogabilidade na qual o usuário final será submetido é um fator crítico para o sucesso. O mercado de jogos MMORPG vem crescendo desde 2012 (BILTON, 2011), sendo no ano de 2016 um dos mais lucrativos (STATISTA, 2016). A sua projeção para 2018 é que sejam arrecadados mais de 30 bilhões de dólares americanos com esta categoria de jogos (STATISTA, 2017), um aumento de 20% a mais sobre o ano de 2016.

MMORPG são jogos de interpretação de papéis massivos, originados dos gêneros RPG. A principal característica desse estilo de jogo é a comunicação e representação virtual de um mundo fantasia no qual cada jogador pode interagir com objetos virtuais compartilhados ou tomar ações sobre outros jogadores em tempo real, tendo como principais objetivos a resolução de problemas conforme a sua regra de *design*, o desenvolvimento do personagem e a interação entre os jogadores (HANNA, 2015).

Um jogo MMORPG é arquitetado em duas partes (KIM; KIM; PARK, 2008):

- **Cliente:** É a aplicação que realizará as requisições com a interface do macroserviço, exibindo o estado de jogo de forma imersiva ao jogador.
- **Serviço:** É o macroserviço que implementa as regras de negócio e requisitos do jogo. O serviço disponibiliza uma interface com ações possíveis ao cliente sobre algum protocolo de rede.

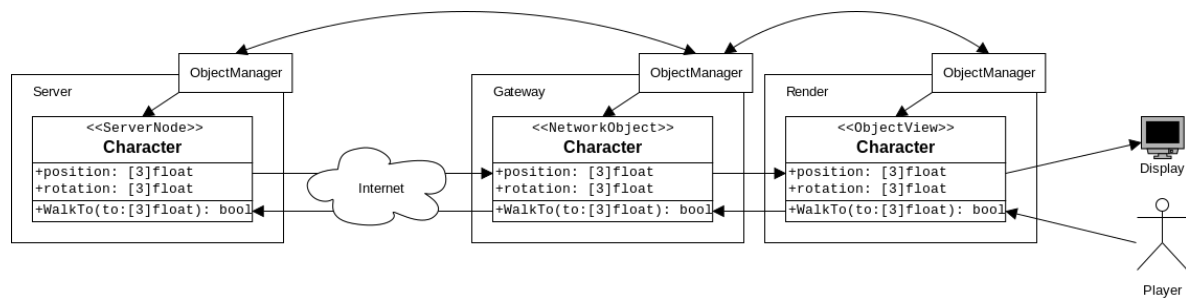
A maioria dos jogos MMORPG disponíveis no mercado estão implementados sobre uma arquitetura que executa sobre diversos servidores (WILLSON, 2017), nos quais o desempenho destes servidores influencia tanto na experiência de jogabilidade do usuário final, quanto no custo de manutenção destes serviços (HUANG; YE; CHENG, 2004). Por sua vez, o Cliente é implementado em algum ambiente convencional a jogos, como motores gráficos, bibliotecas gráficas ou sobre alguma outra plataforma, como web. Porém, para esse gênero de jogo se faz necessário que o serviço execute independente das características do cliente, sendo necessário uma suíte de testes para garantir a integração entre cliente e serviço (SALZ, 2016). Em especial, o presente trabalho tratará com maiores detalhes as arquiteturas utilizadas no serviço dessa categoria de jogos (Seção 2.4), porém ainda se faz necessário conhecer os requisitos da aplicação cliente em questão (Seção 2.3).

2.3 Arquitetura de Clientes MMORPG

Do ponto de vista da rede de computadores, a arquitetura de um cliente de jogo MMORPG deve suportar consultas e chamadas de métodos entre o serviço e o cliente (SALZ, 2016). Um cliente para um jogo MMORPG segue o estilo de arquitetura *Representational State Transfer* (REST), porém não sobre o protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), mas sim sobre um protocolo otimizado conveniente a aplicação, que será desenvolvido sobre outros protocolos (*e.g.*, *Transmission Control Protocol* (TCP), *User Datagram Protocol* (UDP), etc) (SALZ, 2016; WILLSON, 2017).

O módulo de *Gateway*, implementado dentro de um cliente de jogo MMORPG, é responsável por realizar as requisições ao servidor e aplicar as chamadas de métodos internas ao cliente para exibir o estado de jogo ao jogador (SALZ, 2016). Ele pode ser encontrado na Figura 2.2.

Figura 2.2: Requisição de uma chamada de método pela visão do cliente.



Adaptado de: (SALZ, 2016)

A Figura 2.2 refere-se a uma visão macro de uma requisição realizada pelo jogador. Nessa requisição, o jogador realiza o pedido para o seu personagem caminhar até um determinado ponto. Essa requisição será processada pelo servidor, que atualizará sua posição e retornará ao Gateway a nova posição do personagem, exibindo o personagem em uma nova posição.

Para facilitar o desenvolvimento, a aplicação de cliente é dividida em diversos módulos, sendo os dois principais (SALZ, 2016):

- **Renderização:** É o processo que transformará a estrutura de dados obtida do serviço de forma gráfica ao jogador utilizando um motor gráfico (*e.g.*, Unity3D¹⁰, GodotEngine¹¹, etc).
- **Gateway:** É o módulo responsável pela comunicação entre o serviço e o cliente, a fim de requisitar chamadas de métodos ou obter informações do servidor.

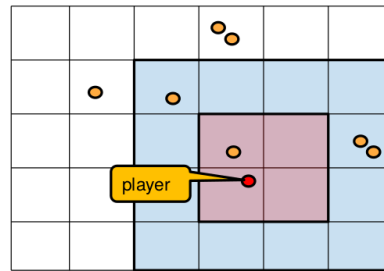
Também existe um componente denominado *ObjectManager* que gerenciará a criação e deleção de objetos do mundo. Os objetos em cena e o *ObjectManager* podem ser utilizados ora pelo jogador ora pelo servidor. Entretanto, existe um filtro de requisições maliciosas a fim de garantir a consistência do jogo (SALZ, 2016). Esse filtro pode ser implementado tanto no Gateway e/ou no serviço (Seção 2.4).

Uma característica importante do *ObjectManager* é a requisição e exibição de objetos com base na área de interesse do jogador. Essa característica reduz problemas de trapaça por meio de clientes adulterados e reduz o tráfego de dados na rede para o cliente e para o serviço (SALZ, 2016; WILLSON, 2017).

¹⁰Unity3D: <https://www.unity3d.com>

¹¹GodotEngine: <https://www.godotengine.org>

Figura 2.3: Área de interesse com base na proximidade de um jogador



Fonte: (SALZ, 2016)

A abordagem de engenharia por utilizar um Gateway permite que o serviço mude de arquitetura sem a necessidade de uma refatoração completa ao módulo de renderização (SALZ, 2016; WILLSON, 2017). Essa mesma abordagem também facilita o desenvolvimento de uma suíte de testes do módulo de renderização independente do serviço (FREEMAN; PRYCE, 2009), podendo realizar testes utilizando o padrão de objetos Mock (BECK; ANDRES, 2004) para simular as requisições. Dessa forma, é possível garantir a integração entre o serviço e o cliente utilizando baixo acoplamento entre o cliente e o serviço (Seção 2.4).

2.4 Arquitetura de Serviços MMORPG

A maioria dos jogos MMORPG disponíveis no mercado estão implementados sobre uma arquitetura de serviço que executa sobre diversos servidores (WILLSON, 2017), nos quais o desempenho destes servidores influencia tanto na experiência de jogabilidade do usuário final, quanto no custo de manutenção destes serviços (HUANG; YE; CHENG, 2004). Modelar um sistema de alto desempenho torna-se um trabalho essencial para a satisfação do usuário final (HUANG; YE; CHENG, 2004). As ocorrências geradas por um sistema de baixo desempenho podem acarretar em frustração do usuário com o serviço e/ou aumento dos gastos com recurso computacional para manter o serviço. Uma ocorrência é qualquer tipo de mal funcionamento em uma aplicação, não necessariamente aparente ao usuário final (HUANG; YE; CHENG, 2004). Evitar ou eliminar as ocorrências durante o projeto e desenvolvimento das arquiteturas do serviço é um processo crítico para o bom funcionamento desses jogos.

Uma métrica popular para mensurar o desempenho de um serviço MMORPG é o número de conexões (HUANG; YE; CHENG, 2004) simultâneas suportadas. Em

geral, caso o serviço ultrapasse o limite para o qual este foi projetado, diversas falhas de conexão, problemas de lentidão ou dessincronização com o cliente podem ocorrer. Neste contexto, as ocorrências comuns são (HUANG; YE; CHENG, 2004):

- **Longo tempo de resposta aos clientes:** implica em uma qualidade insatisfatória de jogabilidade ao usuário ou até mesmo impossibilitando o uso do serviço.
- **Dessincronização com os clientes:** realiza reversão na aplicação. Reversão é definida pela situação na qual uma requisição é solicitada ao servidor, um pré-processamento aparente é executado e essa requisição é negada, sendo necessário desfazer o pré-processamento aparente realizado ao cliente.
- **Problemas internos ao serviço:** podem estar relacionados a diversos outros erros internos de implementação ou a capacidade de recurso computacional (*e.g.*, sobrecarga no banco de dados, gerenciamento lento do espaço ou inconsistências dentro do jogo perante a regra de negócios).
- **Falha de conexão entre o cliente e os microsserviços:** causa a negação de serviço ao usuário final.

Existem algumas causas comuns para essas as ocorrências descritas (HUANG; YE; CHENG, 2004):

- **Baixo poder computacional do servidor:** poder computacional baixo para a qualidade de experiência de jogabilidade do usuário final desejada.
- **Complexidade de algoritmos:** o serviço usa algoritmos de alta complexidade ou regras de negócios que demandam por um algoritmo complexo.
- **Limitado pela própria arquitetura:** está limitado diretamente pelo número de conexões, não suportando a carga recebida.

Tais ocorrências estão diretamente correlacionadas a carga a qual tais serviços estão submetidos e podem ser amenizadas utilizando técnicas de provisionamento de recursos e balanceamento de carga (HUANG; YE; CHENG, 2004), mas não suficiente para eliminar tais ocorrências.

A área de desenvolvimento web compartilha várias ocorrências comuns geradas por sobrecarga do serviço (KHAZAEI et al., 2016). Em desenvolvimento web é comum utilizar a abordagem de microserviços para resolver o problema de sobrecarga, modularizando o funcionamento em módulos menores. Da mesma forma, faz sentido modularizar um serviço MMORPG em microserviços para suportar cargas maiores e diminuir o custo de manutenção (VILLAMIZAR et al., 2016).

Entretanto, se faz necessário compreender o funcionamento e padronização de desenvolvimento de microserviços atuais. Para isso, essas arquiteturas serão melhores abordadas na Seção 2.5.

2.5 Arquitetura de Microserviços

2.6 Arquitetura de Microserviços para MMORPGs

2.6.1 Protocolos Utilizados

2.7 Trabalhos Relacionados

3 Proposta para caracterização de tráfego

CAP 3

4 Considerações & Próximos passos

CONCLUSÃO

Referências

- ADAMS, A. R. E. *Fundamentals of Game Design (Game Design and Development Series)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2006. ISBN 0131687476.
- ADAMS, E. *Fundamentals of Game Design*. New Riders Publishing, 2014. ISBN 978-032192967-9. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/Fundamentals-Game-Design-Ernest-Adams/dp/0321929675>>.
- BECK, K.; ANDRES, C. *Extreme Programming Explained: Embrace Change, 2nd Edition (The XP Series)*. Addison-Wesley, 2004. ISBN 978-032127865-4. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Extreme-Programming-Explained-Embrace-Change/dp/0321278658>>.
- BILTON, N. *Search Bits SEARCH Video Game Industry Continues Major Growth, Gartner Says*. 2011. Acessado em: 19/01/2018. Disponível em: <<https://bits.blogs.nytimes.com/2011/07/05/video-game-industry-continues-major-growth-gartner-says/>>.
- BUCHINGER, D. *Sherlock Dengue 8: The Neighborhood - Um jogo sério colaborativo-cooperativo para combate à dengue*. 2014. Online; accessed 17. Apr. 2018. Disponível em: <http://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/1024-diego_buchinger_1_15167055468902_1024.pdf>.
- CLARKE, R. I.; LEE, J. H.; CLARK, N. Why Video Game Genres Fail: A Classificatory Analysis. *SURFACE*, 2015.
- FREEMAN, S.; PRYCE, N. *Growing Object-Oriented Software, Guided by Tests*. Addison-Wesley Professional, 2009. ISBN 978-032150362-6. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/Growing-Object-Oriented-Software-Guided-Tests/dp/0321503627>>.
- GOLDSMITH, T. "Cathode-ray tube amusement device". 1947. "Online; accessed 15. Apr. 2018". Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US2455992>>.
- GUINNESS. *Greatest aggregate time playing an MMO or MMORPG videogame (all players)*. 2013. [Online; accessed 23. Apr. 2018]. Disponível em: <<http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-popular-free-mmorpg>>.
- HANNA, P. *Video Game Technologies*. 2015. Acessado em: 19/01/2018. Disponível em: <<https://www.di.ubi.pt/~agomes/tjv/teoricas/01-genres.pdf>>.
- HUANG, G.; YE, M.; CHENG, L. Modeling system performance in mmorpg. In: *IEEE Global Telecommunications Conference Workshops, 2004. GlobeCom Workshops 2004*. Northwestern University, USA: IEEE, 2004. p. 512–518.
- KHAZAEI, H. et al. Efficiency analysis of provisioning microservices. In: *2016 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*. Luxembourg, Austria: IEEE, 2016. p. 261–268.

KIM, J. Y.; KIM, J. R.; PARK, C. J. Methodology for verifying the load limit point and bottle-neck of a game server using the large scale virtual clients. In: *2008 10th International Conference on Advanced Communication Technology*. Phoenix Park, Korea: IEEE, 2008. v. 1, p. 382–386. ISSN 1738-9445.

KLEINA, N. *8 dos maiores mundos virtuais que já conhecemos*. 2018. [Online; accessed 17. Apr. 2018]. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/internet/129103-habbo-second-life-8-maiores-mundos-virtuais-conhecemos.htm>>.

ROLLINGS, A.; ADAMS, E. *Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design*. New Riders, 2003. (NRG Series). ISBN 9781592730018. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=Qc19ChiOUI4C>>.

SALZ, D. *Albion Online - A Cross-Platform MMO (Unite Europe 2016, Amsterdam)*. 2016. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/davidsalz54/albion-online-a-crossplatform-mmo-unite-europe-2016-amsterdam>>.

SPORTV. *League of Legends ganha torneio de fim de ano organizado pela ABCDE*. 2018. [Online; accessed 17. Apr. 2018]. Disponível em: <<https://sportv.globo.com/site/e-sportv/noticia/league-of-legends-ganha-torneio-de-fim-de-ano-organizado-pela-abcde.ghml>>.

STATISTA. *Statistics and Facts on MMO/MMORPG gaming*. 2016. Acessado em: 19/01/2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/topics/2290/mmo-gaming/>>.

STATISTA. *Games market revenue worldwide in 2015, 2016 and 2018, by segment and screen (in billion U.S. dollars)*. 2017. Acessado em: 19/01/2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/278181/video-games-revenue-worldwide-from-2012-to-2015-by-source/>>.

STATISTA. *Global internet gaming traffic 2021 | Statistic*. 2018. [Online; accessed 19. Apr. 2018]. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/267190/traffic-forecast-for-internet-gaming>>.

STATISTA. *LoL player share by region 2017*. 2018. Online; accessed 17. Apr. 2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/711469/league-of-legends-lol-player-distribution-by-region>>.

VILLAMIZAR, M. et al. Infrastructure cost comparison of running web applications in the cloud using aws lambda and monolithic and microservice architectures. In: *2016 16th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid)*. Cartagena, Colombia: IEEE, 2016. p. 179–182.

WILLSON, S. C. *Guild Wars Microservices and 24/7 Uptime*. 2017. Disponível em: <http://twvideo01.ubm-us.net/o1/vault/gdc2017/Presentations/Clarke-Willson_Guild Wars 2 microservices.pdf>.

YARUSSO, A. *2600 Consoles and Clones*. 2006. Disponível em: <<http://www.atariage.com/2600/archives/consoles.html>>.