**CENTRO UNIVERSITÁRIO MULTIVIX**

**ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**PROGRAMAÇÃO DISTRIBUÍDA E PARALELA**

**Professor: Breno Krohling**

# Laboratório II – Chamada de Procedimento Remoto (RPC)

**Maria Eduarda Felipe Fasollo**

**VITÓRIA, ES**

**2025**

## Introdução

Este relatório técnico abrange a implementação e a análise comparativa de dois projetos distintos que utilizam a comunicação por Chamada de Procedimento Remoto (RPC): uma Calculadora baseada na arquitetura tradicional ONC RPC em C e um Minerador implementado com a arquitetura moderna gRPC em Python. O objetivo é demonstrar a capacidade de construir sistemas distribuídos robustos, avaliando as diferenças metodológicas entre os ambientes C/rpcgen e Python/gRPC, e validar as lógicas específicas de cada aplicação, como a validação de dados e o gerenciamento de concorrência e estado.

# ATIVIDADE 1 – Calculadora RPC

## 1. Metodologia de Implementação

O projeto utiliza a arquitetura cliente-servidor para executar operações matemáticas remotamente. A implementação foi dividida em três componentes principais:

### 1.1 Definição do Protocolo e Geração de Stubs

A comunicação é regida pelo arquivo de protocolo **rpcCalc.x**. Este arquivo define o contrato da interface de serviço, incluindo:

- Estrutura de Dados**:** Definição da estrutura **operandos**, que encapsula as duas variáveis de entrada (x e y), ambas do tipo **inteiro (int)**.
- Funções Remotas**:** Declaração das quatro operações básicas (ADD, SUB, MUL, DIV) que o servidor deve implementar.
- Geração de Código: A ferramenta **rpcgen** processou o protocolo, gerando um código intermediário de rede e interface necessário para converter estruturas de dados (como o int x e int y) para ser enviado pela rede (e vice-versa).

### 1.2 Implementação do Servidor

O servidor (rpcCalc_server.c) atua como provedor de serviço. A lógica é:

1. Registro: O servidor se registra no serviço rpcbind, permitindo que os clientes localizem o serviço na rede.
2. Execução**:** Implementação das funções de cálculo definidas no protocolo. Ao receber uma solicitação, o servidor extrai os operandos, realiza a operação e retorna o resultado como um ponteiro para um inteiro (int*).

### 1.3 Implementação do Cliente

O cliente (rpcCalc_client.c) fornece a interface de usuário e orquestra as chamadas remotas.

1. Conexão: O cliente se conecta ao servidor, utilizando ‘localhost’ como endereço.
2. Menu interativo: O cliente apresenta um menu de opções (soma, subtração, multiplicação, divisão, sair).
3. Validação de Entrada: A lógica de entrada foi implementada de forma a garantir que **apenas números inteiros válidos** sejam aceitos para os operandos, protegendo o sistema contra dados inválidos, além de garantir acesso correto no momento de escolha no menu.

## 2. Testes e Considerações

Os testes concentraram-se em duas áreas críticas: Configuração da Comunicação RPC e Integridade da Entrada de Dados.

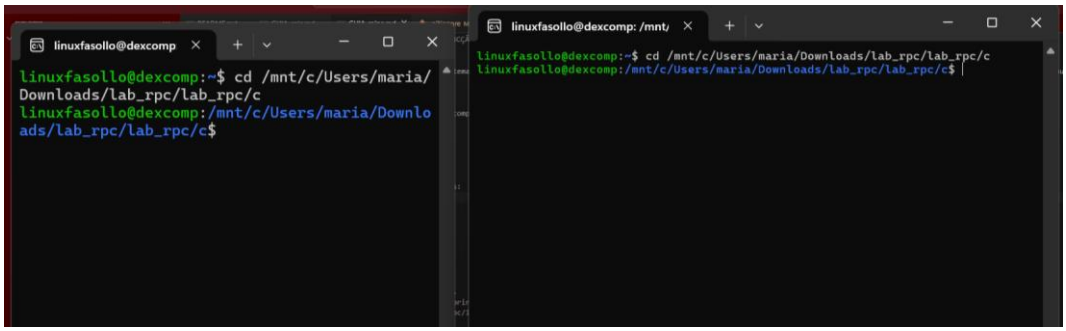
### 2.1 Teste de integridade da entrada de dados

O foco foi garantir que o cliente só insira a opção possíveis no menu interativo e números inteiros para os operandos, conforme o tipo de dado definido no protocolo (int).

- **Rejeição de Caracteres:** Entradas não numéricas (ex: a) são rejeitadas, e o menu é reexibido.
- **Proibição de Decimais:** Entradas com ponto ou vírgula (ex: 4.5 ou 4,5) são detectadas. O sistema lê o número inteiro (4), detecta o caractere extra (ponto ou vírgula) no *buffer* e rejeita a entrada, prevenindo que o servidor receba dados parciais ou inconsistentes com o formato int.

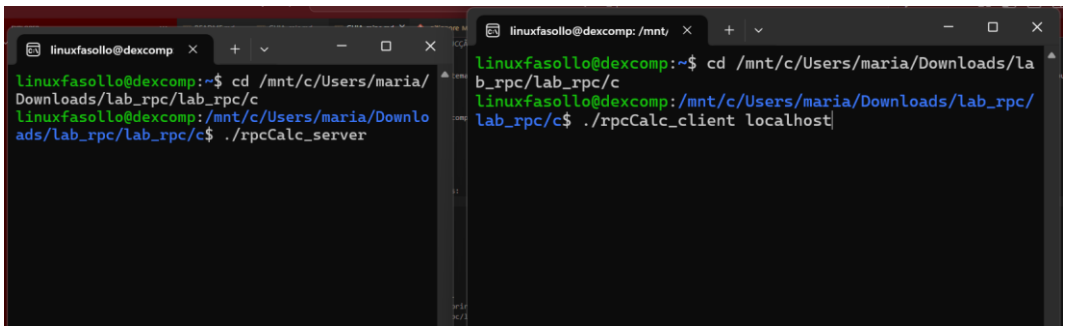
## 3. Passo a passo de compilação e execução

1. Preparação e acesso ao diretório: serão necessários dois terminais abertos. Em ambos os terminais, navegue até o diretório que contém os arquivos do código fonte.

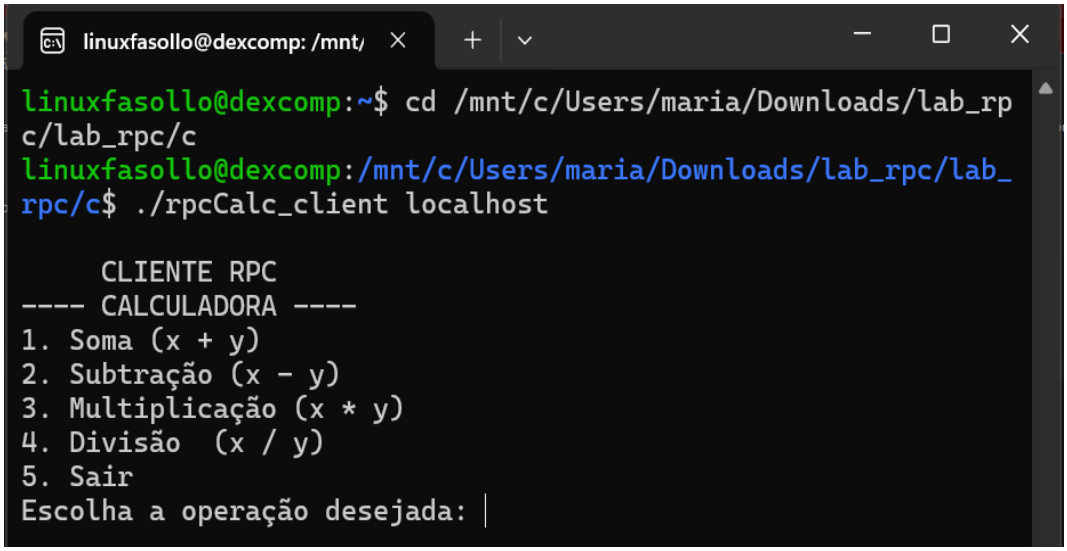



2. No terminal 1, execute o programa do servidor com o comando ./rpcCalc_server

3. No terminal 2, execute o programa do cliente, passando o endereço do servidor como argumento (localhost) com o comando ./rpcCalc_client localhost.

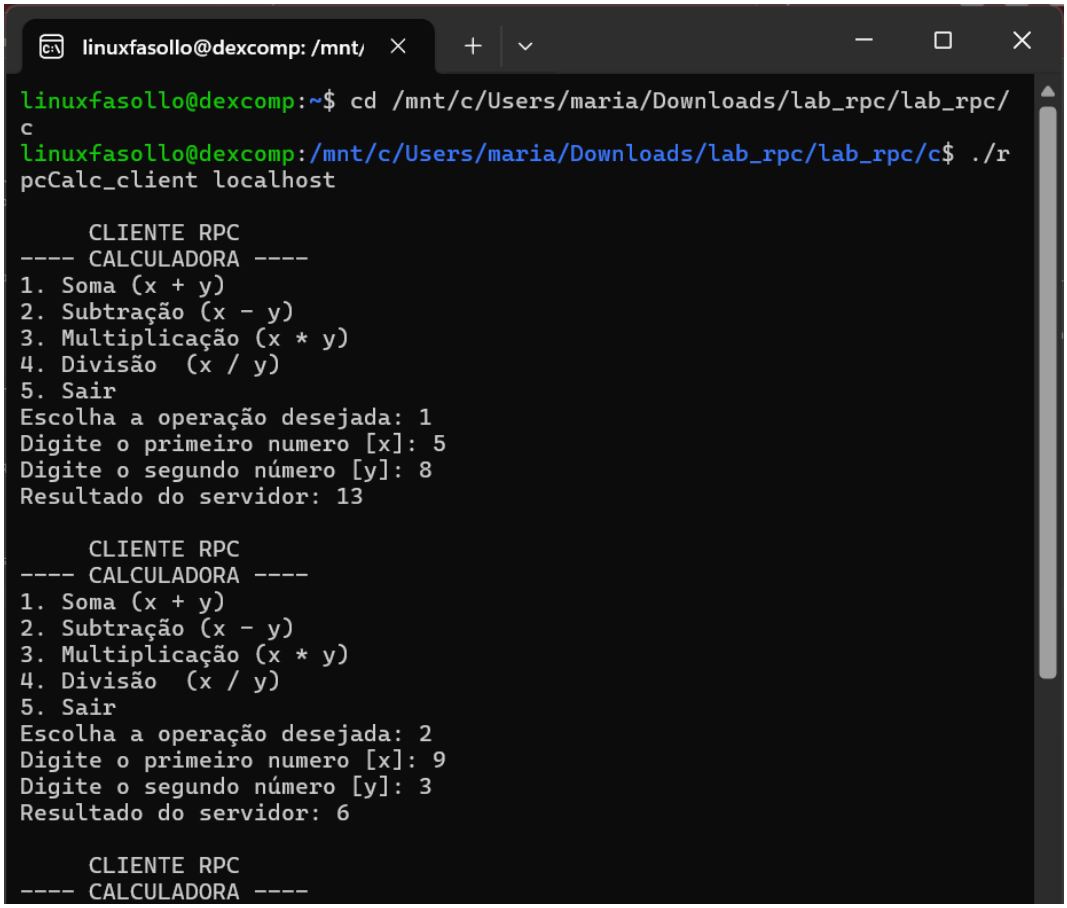


4. Após a execução correta dos comandos, o menu interativo aparecerá no terminal do cliente.

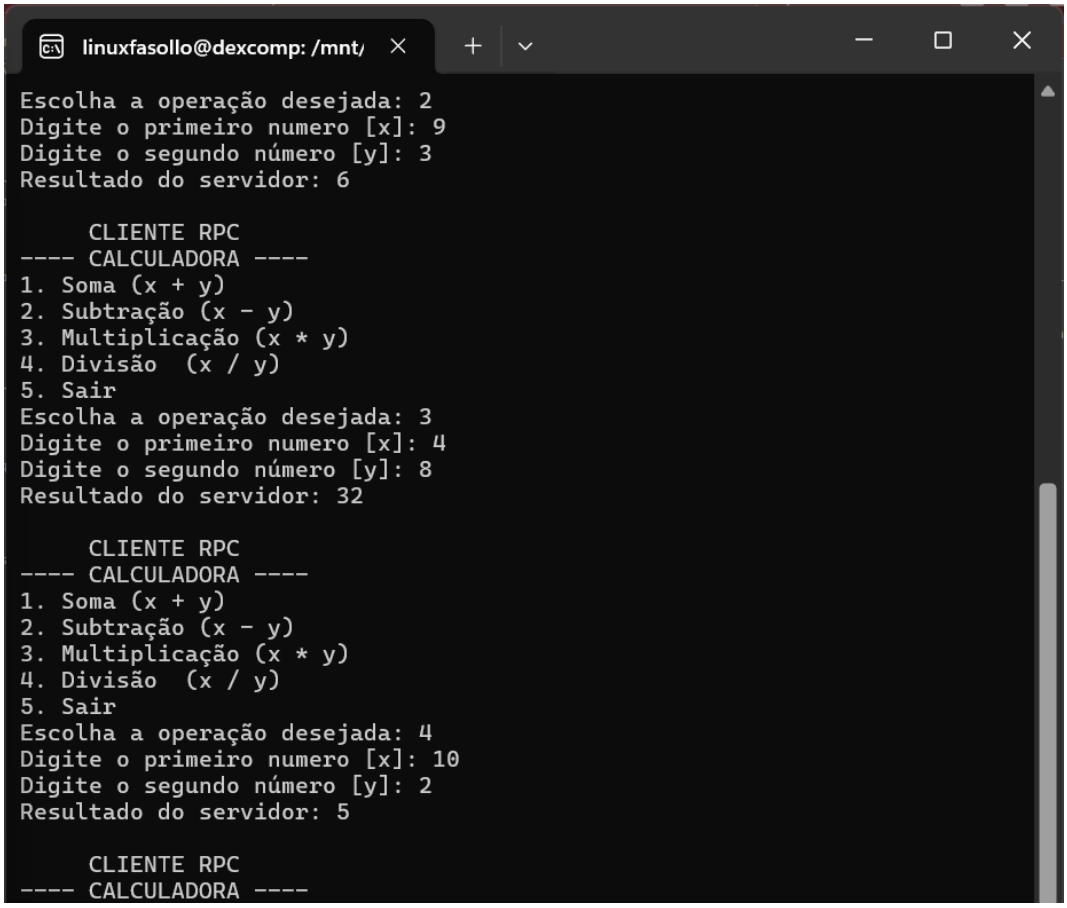



5. Execução dos testes

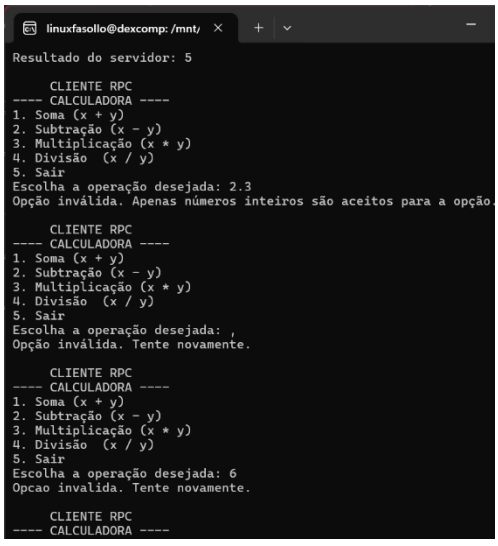
- Soma e Subtração

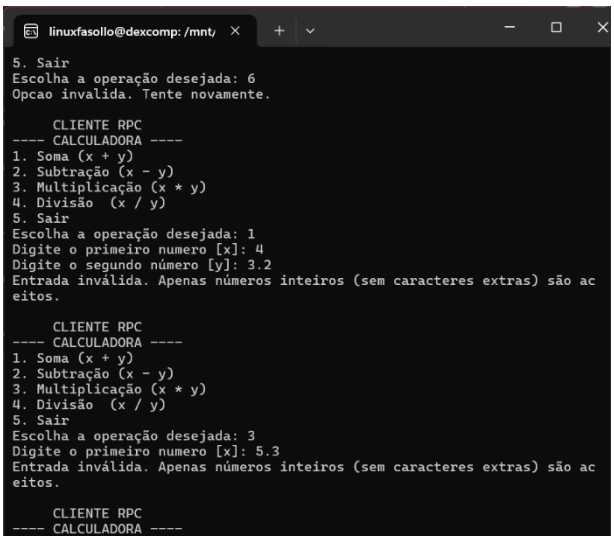


- Multiplicação e Divisão

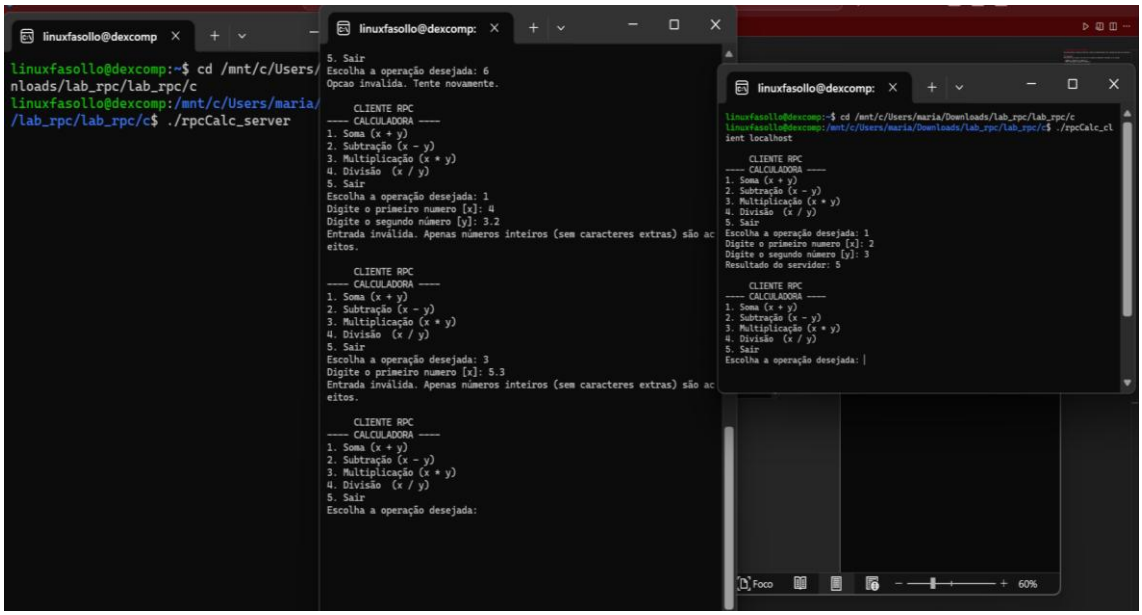



6. Validação de erros: o programa não aceita caracteres diferentes e números que não sejam inteiros.



7. Exemplificando servidor atuando com dois clientes simultâneos:



# ATIVIDADE 2 – Minerador de Criptomoedas usando gRPC

## 1. Metodologia de Implementação – gRPC, Python

Esse relatório detalha a metologia, teste e resultados do projeto Minerador, simulando um sistema de mineração distribuída utilizando a arquitetura gRPC com Python, seguindo o enunciado do projeto, uso de SHA-1 para o desafio e implementação das chamadas remotas.

### 1.1 Protocolo e Comunicação

- Definição do Contrato: O arquivo .proto define o serviço (api) e as estruturas de dados que controlam o fluxo de trabalho de mineração.
- Geração de Stubs: A ferramenta protoc (em conjunto com grpc_tools) gera os módulos Python (_pb2.py e _pb2_grpc.py). Estes *stubs* gerenciam a serialização e a comunicação de rede, permitindo que o foco da engenharia fosse direcionado à lógica de concorrência.

### 1.2 Lógica do servidor

O servidor gerencia o estado global para garantir a integridade da disputa:

- Estado Global: O servidor mantém um estado global (SERVER_STATE) que rastreia a transação atual (current_transaction_id) e um histórico de vencedores.
- Proof-of-Work (PoW): A validação é baseada no algoritmo SHA-1. Uma solução é considerada válida apenas se o *hash* gerado iniciar com um número de zeros igual ao challenge_value (nível de dificuldade atual).
- Gerenciamento de Concorrência (submitChallenge): Esta função é crítica para a integridade. O servidor aceita a primeira solução válida para o ID de transação pendente, registra o clientID vencedor e imediatamente incrementa o ID da transação. Soluções subsequentes enviadas para o ID já resolvido são rejeitadas com um código de erro específico.

### 1.3 Lógica do Cliente

O cliente simula o papel de um minerador real.

- Função ‘mine’: O cliente implementa a função de mineração, que consulta o desafio atual, itera sobre valores incrementais, calcula o *hash* para cada nonce e submete a primeira solução válida encontrada ao servidor.
- Disputa: O uso de múltiplos clientes com IDs únicos (ex: 100 e 200) simula a disputa real pela recompensa.

## 2. Testes e Considerações

Os testes focaram em validar a integridade do estado do servidor e sua capacidade de lidar corretamente com a alta concorrência no evento de vitória.

### 2.1 Resultado 1: Lógica de vitória

- Teste: dois clientes com diferentes IDs (ex: 100 e 200) executam a opção 6 (MINE) ao mesmo tempo.
- Resultado: apenas um cliente (o vencedor) obteve o retorno de sucesso. O outro cliente recebe a mensagem informando que o desafio já foi resolvido.

O teste foi bem-sucedido porque o servidor reconheceu apenas um dos clientes como vencedor. O cliente perdedor foi imediatamente notificado com uma mensagem de erro, indicando que o desafio já havia sido resolvido.

### 2.2 Resultado 2: Dificuldade Progressiva

Os testes confirmaram a consistência do estado global do servidor ao longo de múltiplas transações.

- Teste: Observar o challenge_value e o histórico de vencedores após cada transação resolvida.
- Resultado Validado: O servidor incrementou o challenge_value a cada transação resolvida, simulando o aumento de dificuldade que ocorre em redes reais de mineração. Isso validou que o servidor mantém o estado (SERVER_STATE) de forma consistente entre as chamadas RPC concorrentes.

### 2.3 Limitação de Recursos e Custo Computacional

Uma observação crítica feita durante a fase de testes foi a escala do custo operacional imposto pelo algoritmo PoW.

- O projeto demonstrou que a dificuldade de mineração cresce exponencialmente. Para manter a estabilidade do sistema e evitar a sobrecarga do ambiente de teste, o nível máximo de desafio (MAX_CHALLENGE) foi limitado a 6 zeros.
- Essa restrição foi necessária porque tentar processar o teste com um nível de dificuldade de 7 zeros resultou em falhas operacionais da máquina.

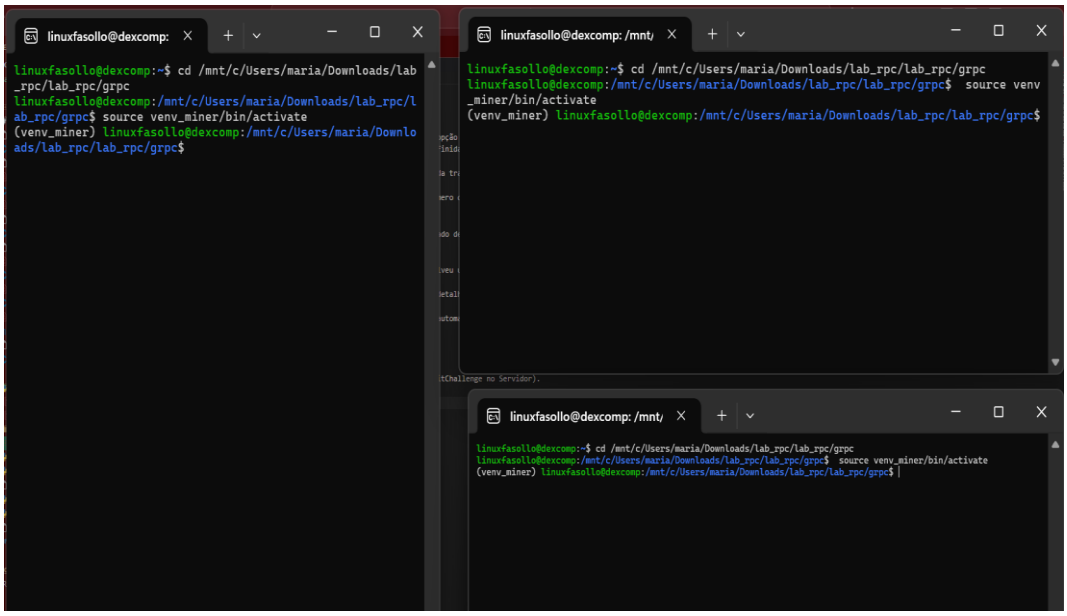
### 3. Passo a passo de compilação e execução

Pré-requisitos: O usuário deve garantir que possui o Python 3 e as ferramentas necessárias para construir o ambiente gRPC.

- Instalação de ferramentas:
  *sudo apt install python3 python3-pip protobuf-compiler python3-venv*
- Criação do ambiente virtual (Venv) dentro da pasta com código fonte:
  *python -m venv venv_miner*

1. Preparação e ativação do ambiente: Serão necessários três terminais abertos no ambiente Linux/WSL.

2. Navegue até a pasta onde contém o diretório grpc do projeto e ative o ambiente virtual com o comando source venv_miner/bin/activate.

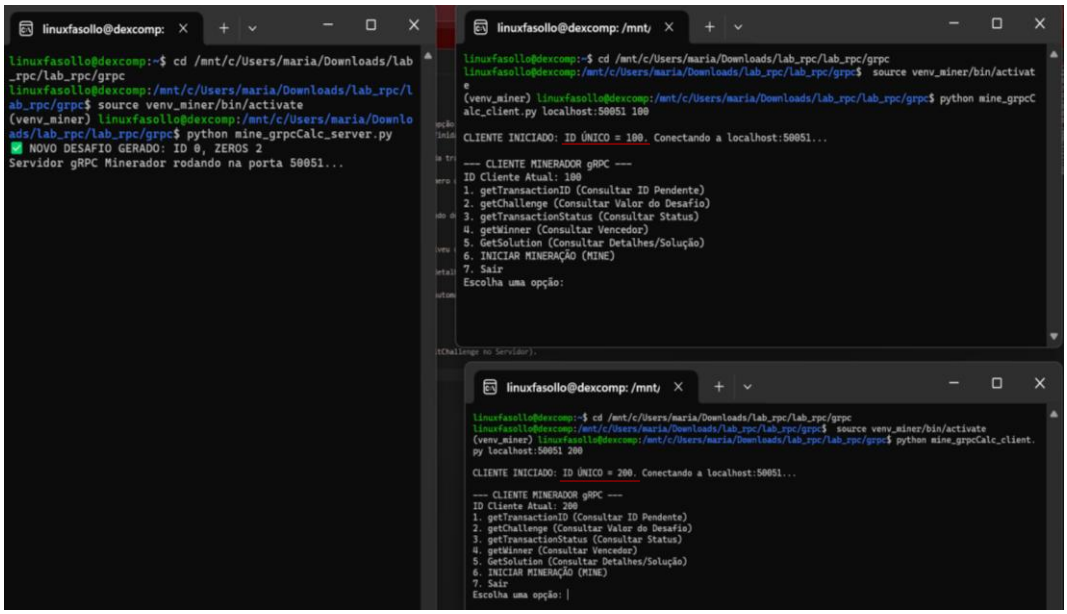



3. No terminal 1, inicie o servidor do Minerador com o comando python mine_grpcCalc_server.py

4. No terminal 2, inicie o primeiro concorrente, com o comando python grpcCalc_client.py localhost:50051 100 (podendo modificar o último valor, que é referente ao ID do cliente).

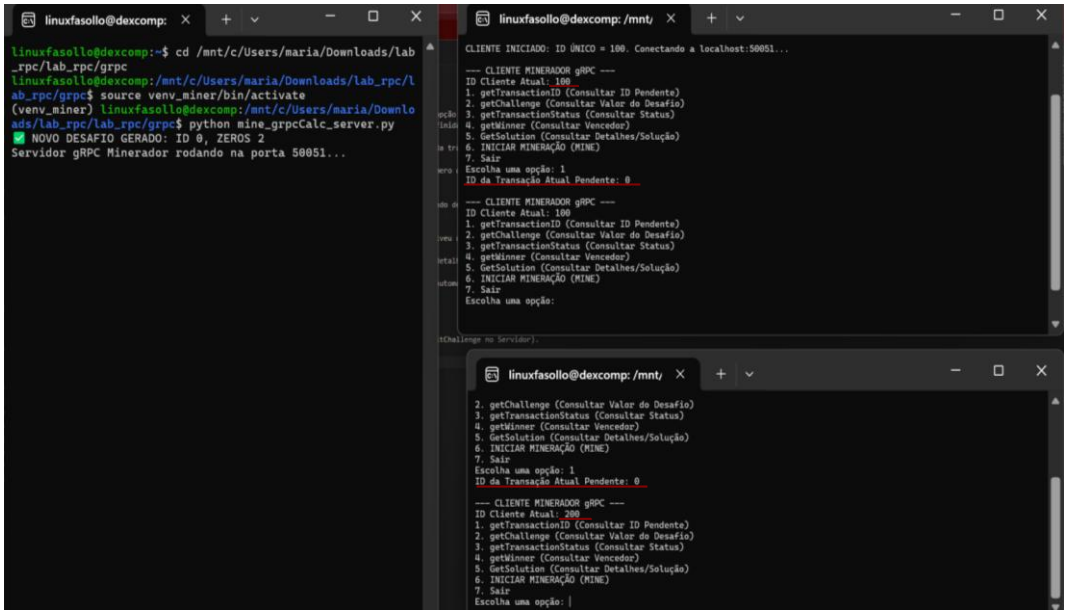
5. No terminal 3, inicie o segundo concorrente com o comando python grpcCalc_client.py localhost:50051 200 (podendo alterar o valor “200”).

6. Após a execução correta dos comandos, o menu interativo do Minerador aparecerá nos terminais dos clientes e o Servidor já irá gerar o primeiro challenge.

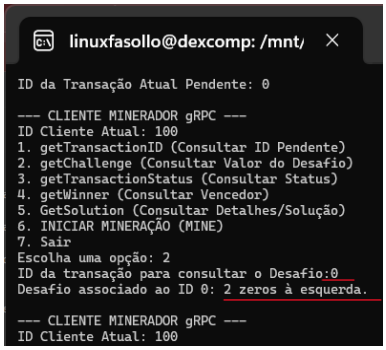


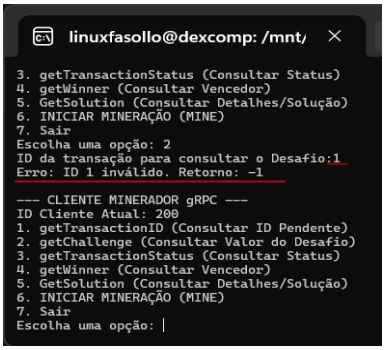

## 7. Execução dos testes

7.1 Os dois usuários consultam o ID Pendente, sendo 0 o atual, já que não houve nenhuma mineração executada.

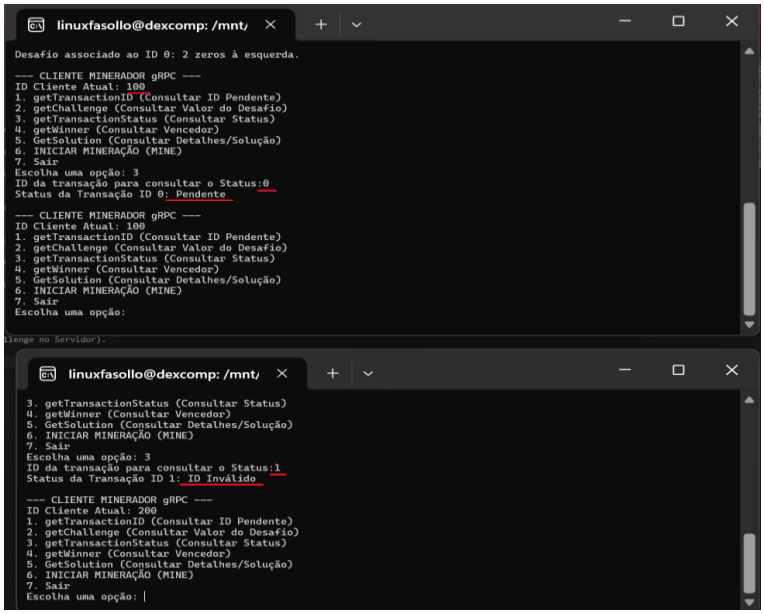



7.2 Consulta valor do desafio (atual x não atual)

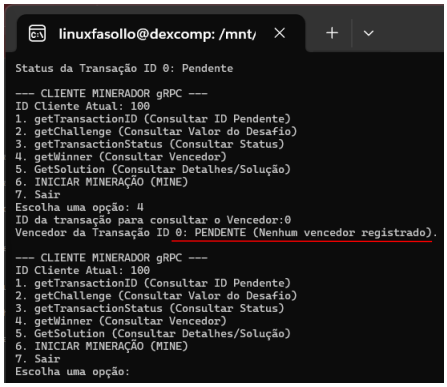


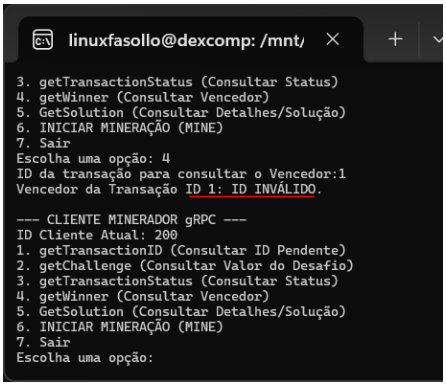



7.3 Consultar status (status pendente para ID do desafio atual que ainda não foi solucionado x status inválido para ID do desafio que ainda não foi gerado).

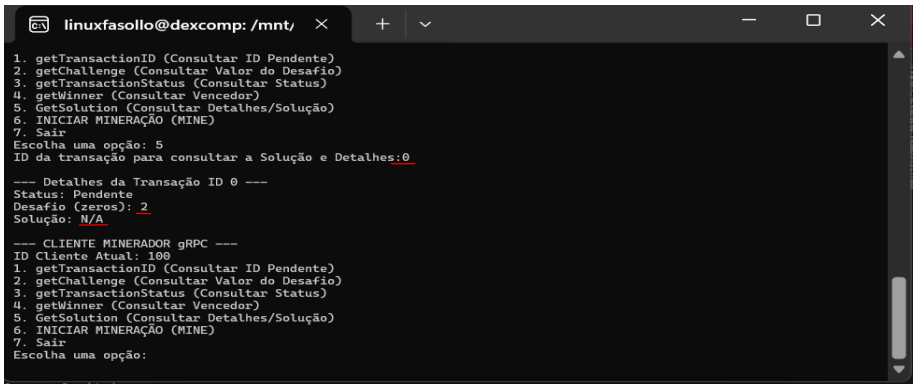



7.4 Consultar vencedor (status pendente para ID do desafio atual que ainda não foi solucionado x status inválido para ID do desafio que ainda não foi gerado).

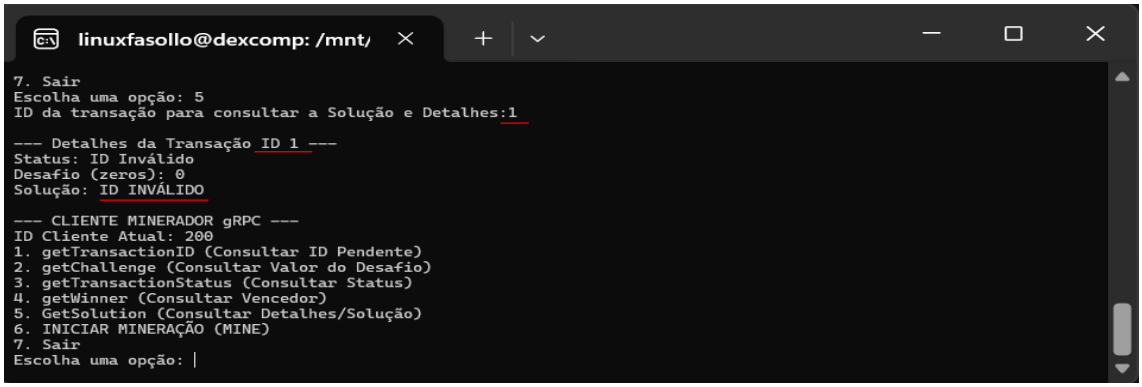



7.5 Consultar detalhes e solução. O desafio do ID 0 é um desafio de 2 zeros e está pendente, portanto, não há solução.

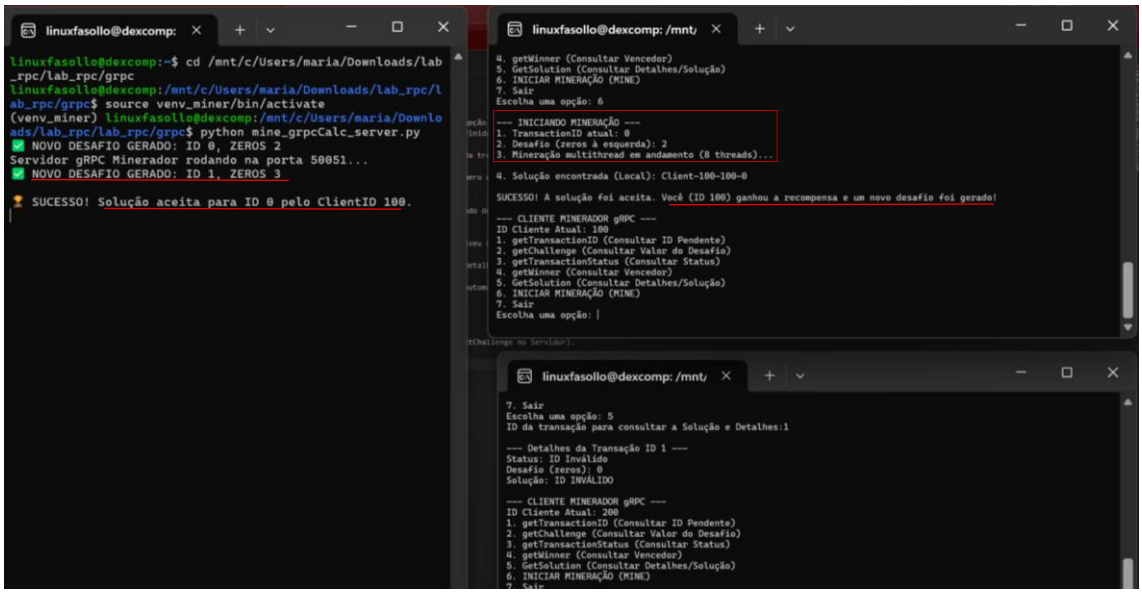


7.5 O desafio do ID 1 ainda não foi gerado, portanto, não há valor de desafio nem ID existente.

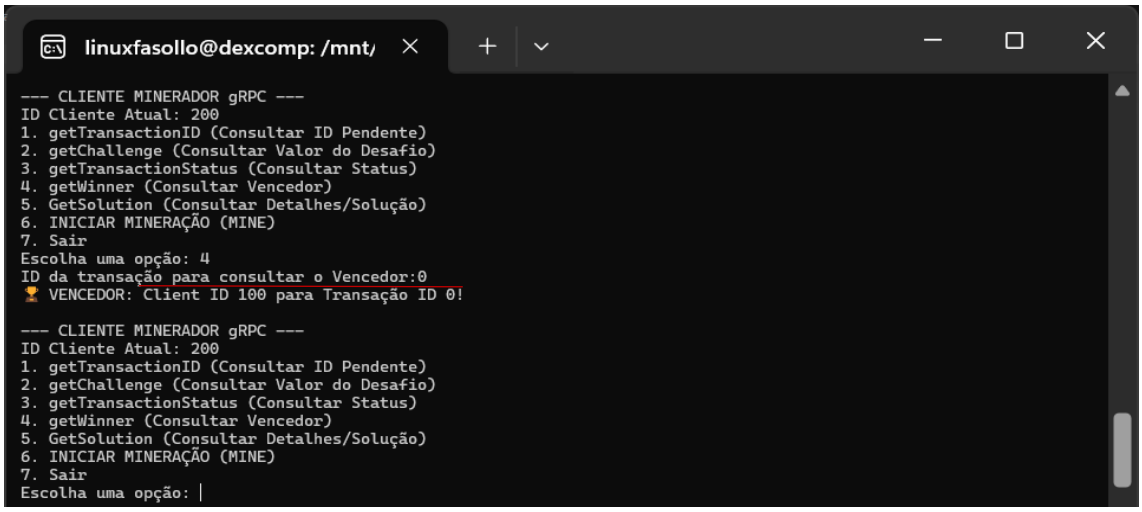



## 7.6 INICIAR MINERADOR

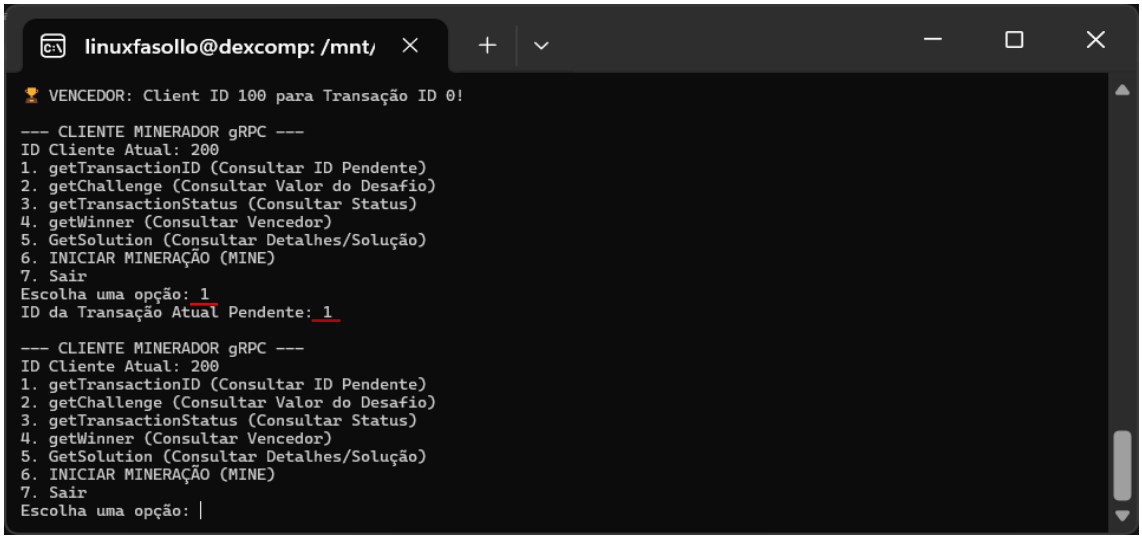
Cliente 100 rodou o minerador, o sistema informa que houve solução para o challenge ID 0 pelo cliente respectivo e informa que um Novo desafio já foi gerado.



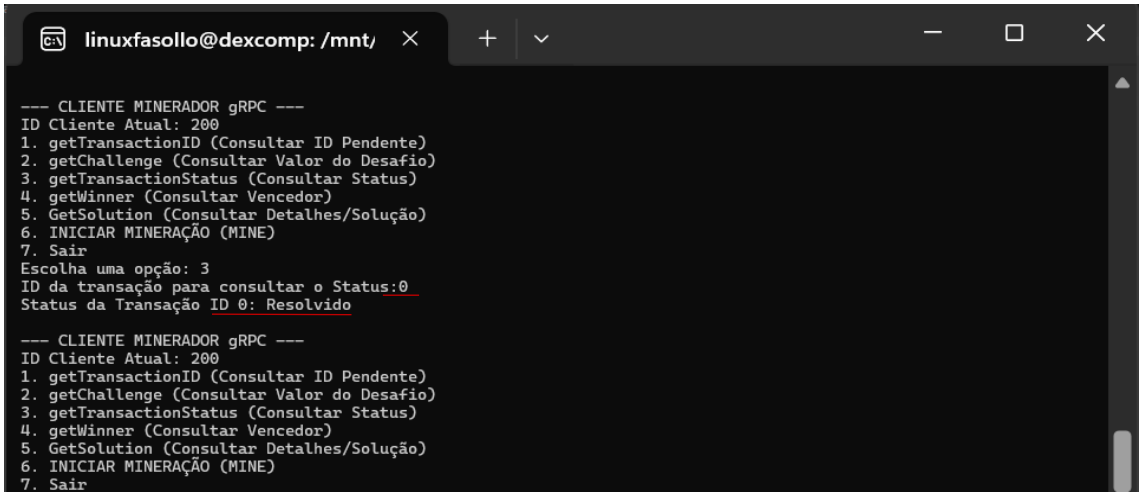
### 7.6.1 Cliente 2 consulta ganhador



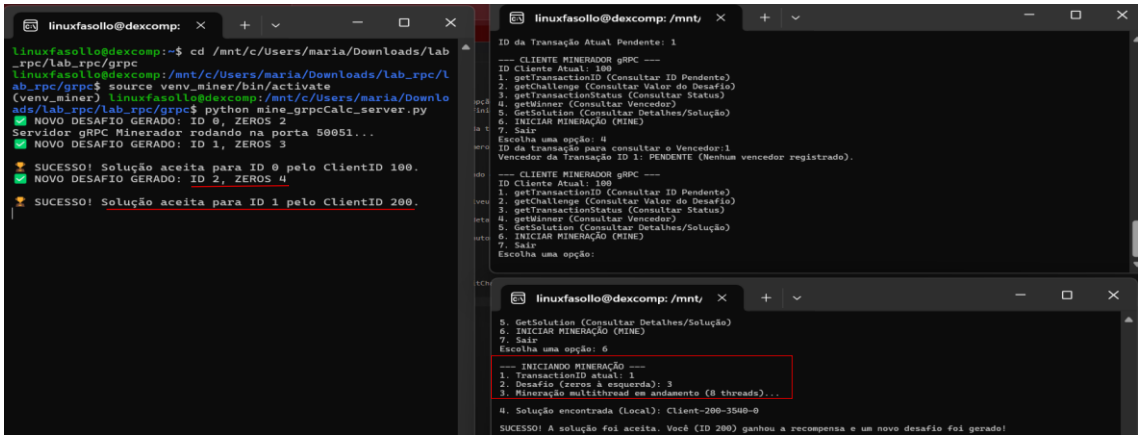

### 7.6.2 Cliente verifica status do novo desafio gerado



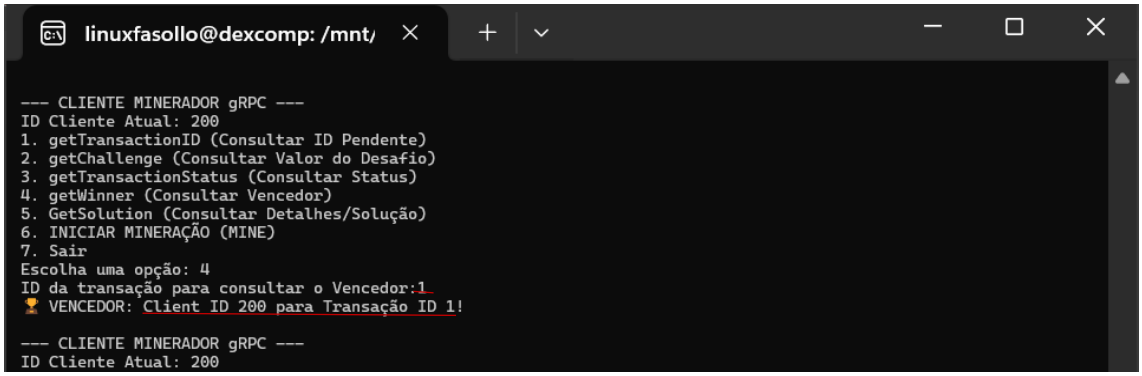

### 7.6.3 Cliente 2 verifica status do ID 0



7.7 Cliente 200 rodou o minerador, o sistema informa que houve solução para o challenge ID 1 pelo cliente respectivo e informa que um Novo desafio já foi gerado.

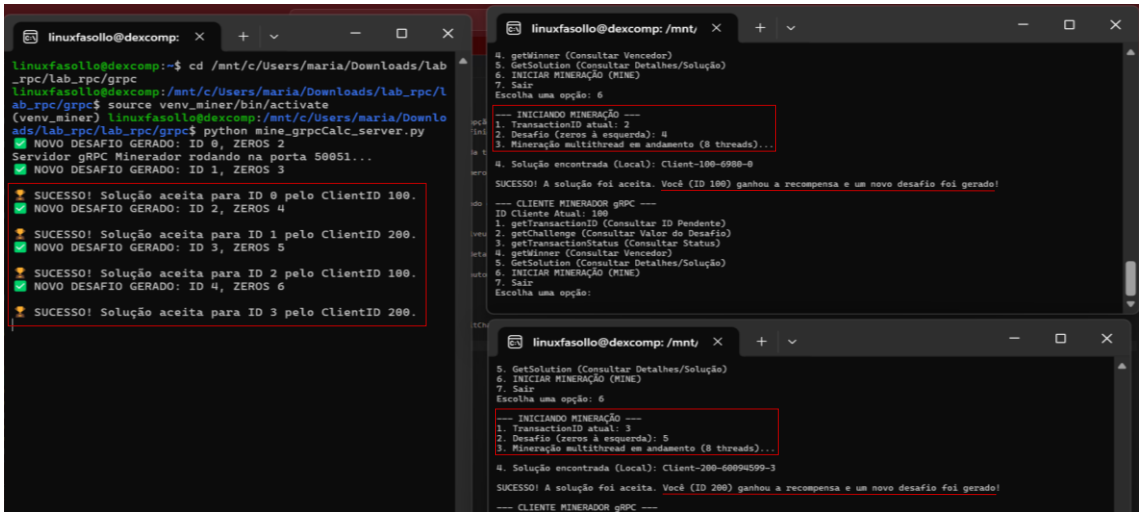



7.7.1 Cliente 2 verifica ganhar do ID 1




7.8 Os dois clientes mineram:

- O cliente 100 soluciona o desafio do ID 2, de nível 4.
- O servidor gera novo desafio: ID 3 de nível 5.
- O cliente 200 soluciona o desafio do ID 3, de nível 5.
- O sistema gera novo desafio: ID 4, nível 6.



## Conclusão

O desenvolvimento da Calculadora RPC em C e do Minerador PoW em Python proporcionou uma visão prática e comparativa das metodologias de desenvolvimento em sistemas distribuídos. O projeto demonstrou que a escolha da arquitetura é fundamental para atender aos requisitos específicos de cada aplicação. Enquanto o RPC em C se provou eficaz para a comunicação de baixo nível, exigindo rigoroso controle sobre a formatação de dados, e o gRPC em Python demonstrou ser superior para implementar sistemas modernos e de alto desempenho que exigem complexas lógicas de concorrência e troca de dados estruturados.

A Calculadora RPC (C), utilizando o método tradicional, exigiu um rigoroso foco na integridade dos dados. Os testes confirmaram a eficácia da lógica de validação do cliente em garantir que apenas números inteiros fossem enviados pela rede, provando que, mesmo em arquiteturas mais antigas, é possível manter a confiabilidade da comunicação. Em contraste, o Minerador (gRPC/Python) abordou desafios modernos de concorrência. A arquitetura gRPC permitiu focar diretamente no problema central: a proteção do estado do servidor. O sucesso do teste de disputa, onde apenas um cliente pôde registrar a vitória, validou a solução implementada contra a condição de disputa, assegurando que a regra de ter um vencedor por transação fosse mantida.

A conclusão integrada é que ambos os projetos foram bem-sucedidos em validar suas lógicas centrais, fornecendo uma base sólida para a compreensão das decisões de engenharia necessárias na construção de aplicações distribuídas.