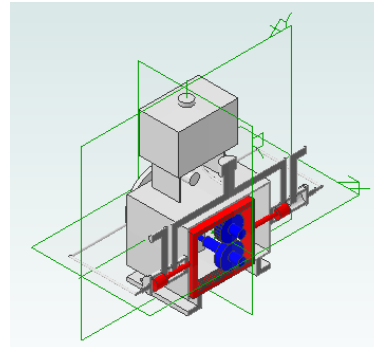


CAMBIELA – uma curiosidade cinemática

CAMBIELA – a kinematic experience



O presente documento não foi submetido a um processo de *peer-review* e como tal não pretende afirmar-se como documento científico mas apenas como um ensaio sobre uma configuração de motor de combustão interna para efeitos meramente didáticos.

This document was not peer-reviewed; so it is not a scientific paper but only an essay about a specific internal combustion engine configuration with didactical purposes only

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO MOTOR CAMBIELA
CAMBIELA ENGINE EXPLORATORY STUDY**

**MUUTOOR
Jul 2015**

Resumo

Este documento destina-se a promover a discussão de uma solução para resolver o tradicional problema da articulação biela cambota assumindo à partida as limitações da solução proposta. Com efeito, resolve-se um problema mas criam-se vários outros sendo assim este estudo mais destinado a ser uma ferramenta pedagógica do que uma proposta de configuração que venha revolucionar o mercado; isso seria irrealista como poderá constatar quem tenha detalhado conhecimento de motores. Leia e dê-nos a sua opinião e crítica. Todos os contributos são bem-vindos.

Abstract

This document intends to promote the discussion about a configuration that minimizes the typical rod-crankshaft problem, assuming the limitations it has. Indeed a problem may be solved but many others are created so this document has a merely didactical purpose and not the next big thing in internal combustion engines. That would be unrealistic as those who have detailed knowledge of engines may understand. Hope you enjoy it as much as I enjoyed doing it; it is above everything a fun technical exercise.

Introdução

A presente análise teve como base a experiência profissional na área de motores e pretende promover a discussão de uma solução para resolver o tradicional problema da articulação biela cambota. Um inventor e empresário Português explorou um conceito semelhante a que deu o nome de motor CANDE no entanto explorou um mecanismo diferente na conversão do movimento linear do pistão para o movimento rotativo da cambota. Atualmente não são conhecidos desenvolvimentos desse conceito nem há qualquer registo no INPI, tanto quanto foi possível apurar à data da publicação deste documento.

Introduction

Some professional experience related to engines and some curiosity are the basis for this document. A Portuguese entrepreneur explored a similar concept named CANDE engine however the conversion of the linear movement of the connecting rod to the crankshaft was completely different. Currently there are no more known developments of such initiative and I couldn't find any registration of that in the Portuguese Industrial Property National Institute (INPI – Portuguese acronym).

Introdução (cont.)

Nesta configuração, com dois pistões, o movimento linear dos mesmos é transferido para o veio motor através de um conjunto de engrenagens e uma dupla cremalheira, o que acarreta perdas de energia devidas à fricção que não se sabe se compensam os ganhos que resultam de ter a biela (rígida neste caso) sempre alinhada com a trajetória dos pistões. Nesta configuração a que se convencionou chamar CAMBIELA (cambota+biela) os dois pistões estão alinhados enquanto os desenhos que foram dados a conhecer sobre o motor CANDE tem os dois cilindros

Introduction (cont.)

In this configuration with two pistons, the linear movement of them is transferred to the power output shaft through a set of gears and double rack, which create additional friction which may not compensate for the benefits of having the connecting rod always in the same line with the pistons movement. In this configuration named as CAMBIELA (cambota = crankshaft + biela = connecting rod) both pistons are in the same alignment while in the drawings made public in a regional newspaper related to the CANDE engine were in different alignments.

Introdução (cont.)

desfasados. Os desenhos não são claros quanto à forma como as forças seriam transmitidas. Nesta proposta vamos recorrer a desenhos simplificados em CAD que se espera ilustrem de forma clara a ideia, e também as limitações. Claro que todos os contributos serão bem-vindos, havendo a ambição de promover no futuro um concurso com um prémio monetário para a construção de um protótipo em qualquer material que demonstre a viabilidade cinemática do motor com recurso a ar comprimido ou mesmo a combustão interna, mas isso seria um passo demasiado grande.

Introduction (cont.)

Those same drawings are also not clear about how the forces would be transferred towards the output shaft. In the CAMBIELA proposal we will try to explain with some detail using simplified CAD drawings. This will also allow us to immediately recognize some of the limitations of such a configuration. All critics are welcome and in the future maybe a contest will be organized to build a small prototype in plastic or any other material to evaluate the kinematic effectiveness of this configuration. Compressed air or other means may be used to make it move.

Arquitetura de base

Uma configuração tipo “boxer” com dois cilindros opostos, funcionamento a 2 tempos, com as duas bielas unidas a uma dupla cremalheira que se desloca de forma alternada e acciona duas rodas dentadas. Quando os pistões se deslocam para o lado direito (olhando do lado oposto veio de saída), a roda dentada de cima é a motriz e transfere força ao veio de saída. No sentido contrário, é a roda dentada inferior que é motriz e transfere força ao veio de saída. Assim, cada uma delas tem que em metade do ciclo estar em modo livre em relação ao veio que a sustem. Isso é conseguido com uns “dentes” que prendem apenas num dos sentidos de rotação.

Base configuration

It is a kind of boxer engine with two opposed cylinders, working in a two stroke cycle, with two connecting rods united to a double rack that activates the gears. When the pistons move to the right (looking from the side opposed to the output shaft), the top gear is the power one, which transfers the linear movement of the set (2 connecting rods + 2 racks) to the output shaft. In the other direction (to the left) the power gear is now the lower one and the one that transfers movement to the output shaft. This way, in half of the cycle each gear has to have a free wheel situation; that is achieved with a set of teeth that lock each gear only in one direction.

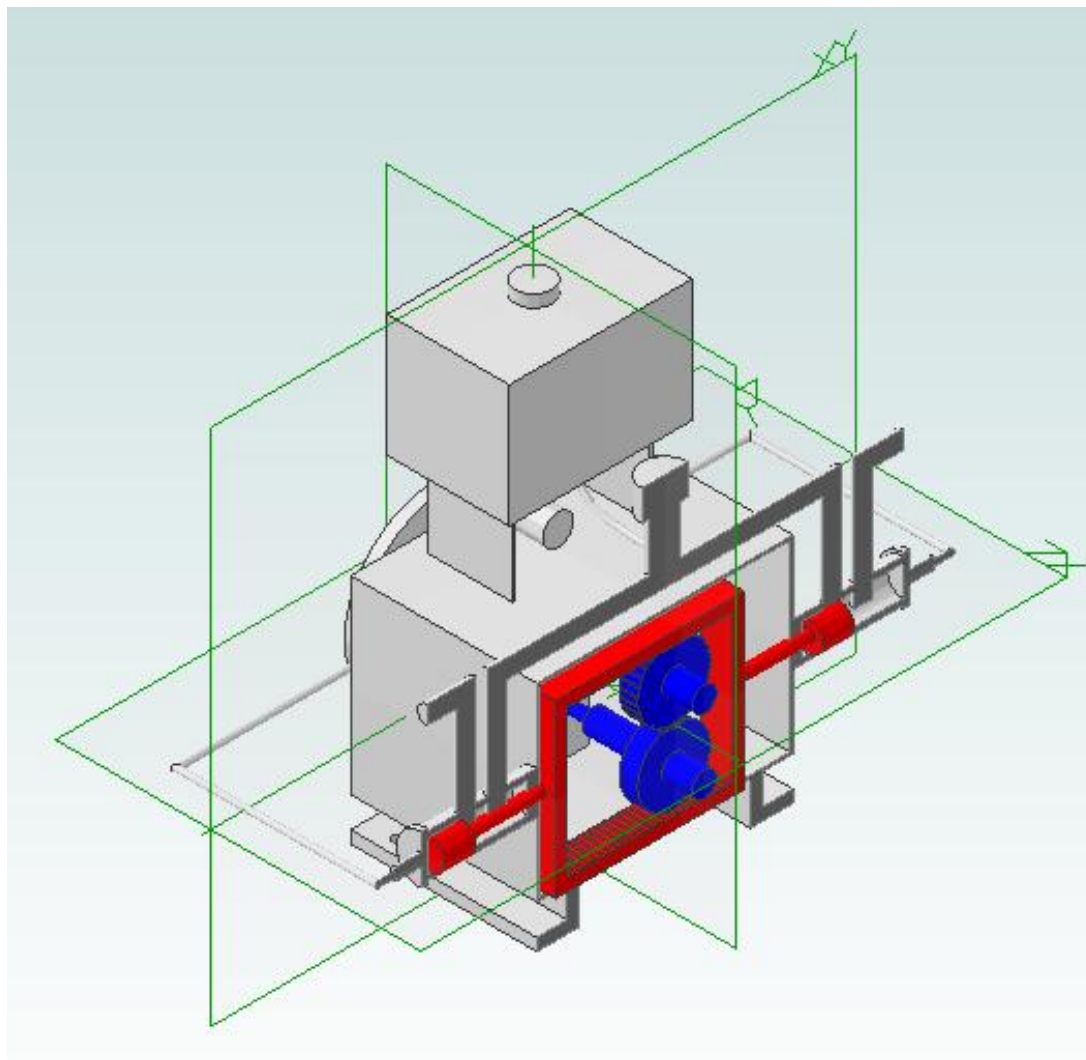


Ilustração 1 – Visão simplificada da arquitetura do motor CAMBIELA/Simplified view of the CAMBIELA architecture.

Pistões e bielas

Adivinham-se de imediato problemas de vibração causados pelo fato de haver uma massa em deslocação num sentido sem ter uma compensação. Para tal discutir-se-ão algumas hipóteses de solução adiante. Entretanto continua-se a explicar alguns detalhes do motor. Os pistões seriam pistões normais de motores a dois tempos de 50 cc para uma primeira aproximação. Isto significaria ter um motor com aproximadamente 100 cc. As bielas na sua união ao pistão são em tudo iguais mas a sua base estará unida à estrutura de dupla cremalheira por fundição ou por aparafusamento ou peça única.

Base configuration

Immediately vibration problems are expected due to the inertia of the CAMBIELA set moving to the right and left. Later some discussion will be done about mitigation measures for that. More details of the engine are now presented. The pistons would be standard two-stroke pistons of a 50 cc engine in each side as first approach, which means an engine with 100 cc of displacement. The connecting rods can be standard ones but with a difference: they will be connected to the racks in their big end by weld, bolts or eventually later in the development casted in one piece only.

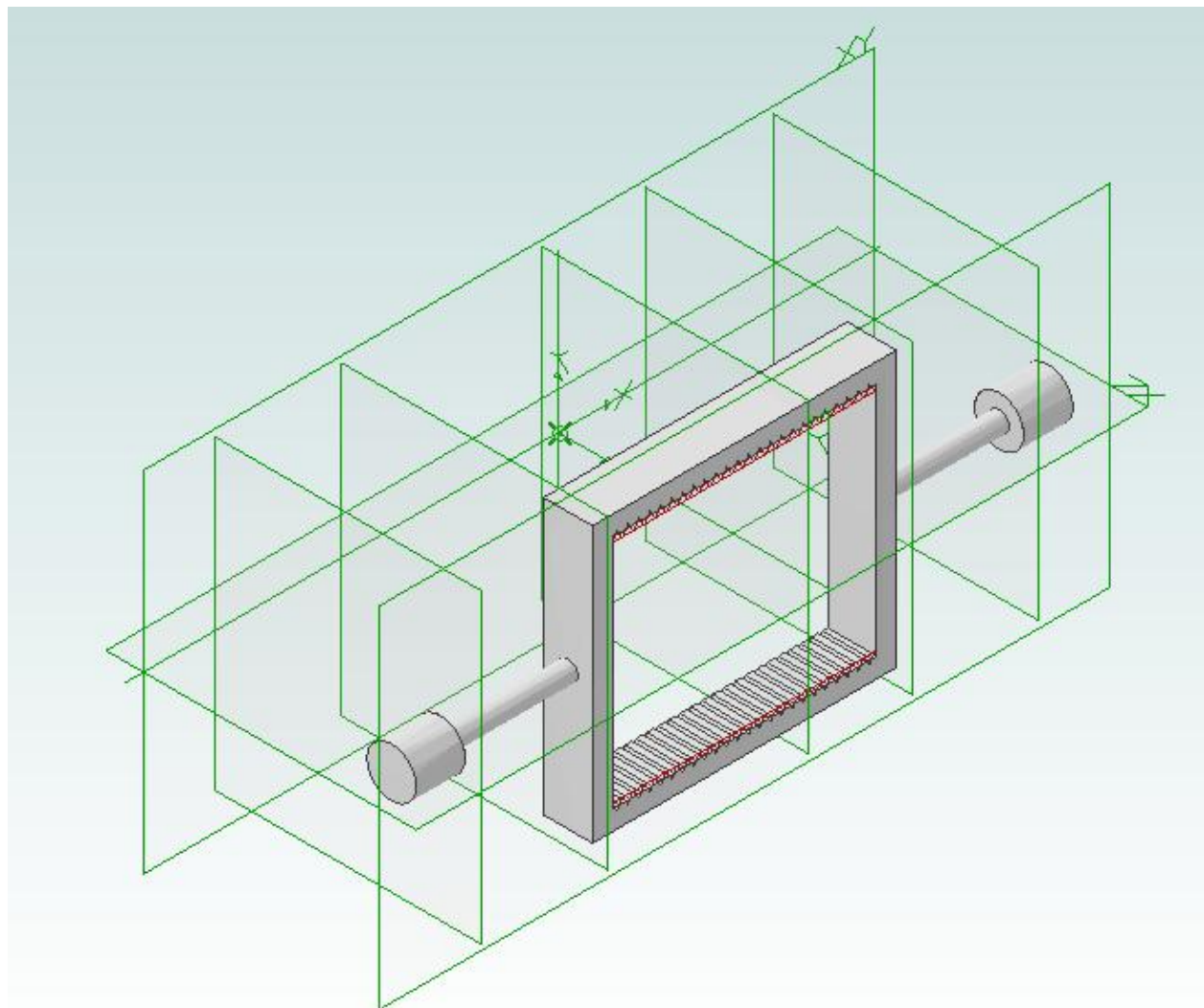


Ilustração 2 – Detalhe pistões, bielas e cambota/Detail pistons, rod and crankshaft.

Engrenagens

As duas rodas dentadas maiores abaixo representadas são as que recolhem a energia do movimento linear da cremalheira. Pelo facto de rodarem sobre si e em simultâneo na cremalheira, em cada um dos sentidos do movimento, apenas uma delas é motora sendo a outra passiva, no sentido em que o seu movimento não é transmitido de forma rígida ao veio de saída. Para tal é necessário um sistema que transfira força apenas num dos sentidos de rotação. A solução que se propõe é muito simples e tem certamente problemas de fiabilidade mas poderá ser aperfeiçoada com a experiência empírica.

Gears

The two gears below represented receive the energy from the linear movement of the double rack. Each half of the cycle only one of them is the power one and the other is passive. For that a system that transfers the energy in only one direction is needed. The system proposed is very simple and, we believe, potentially unreliable but with the experience can be improved. In the picture below the shaft with the smallest gear to the left is the output shaft.

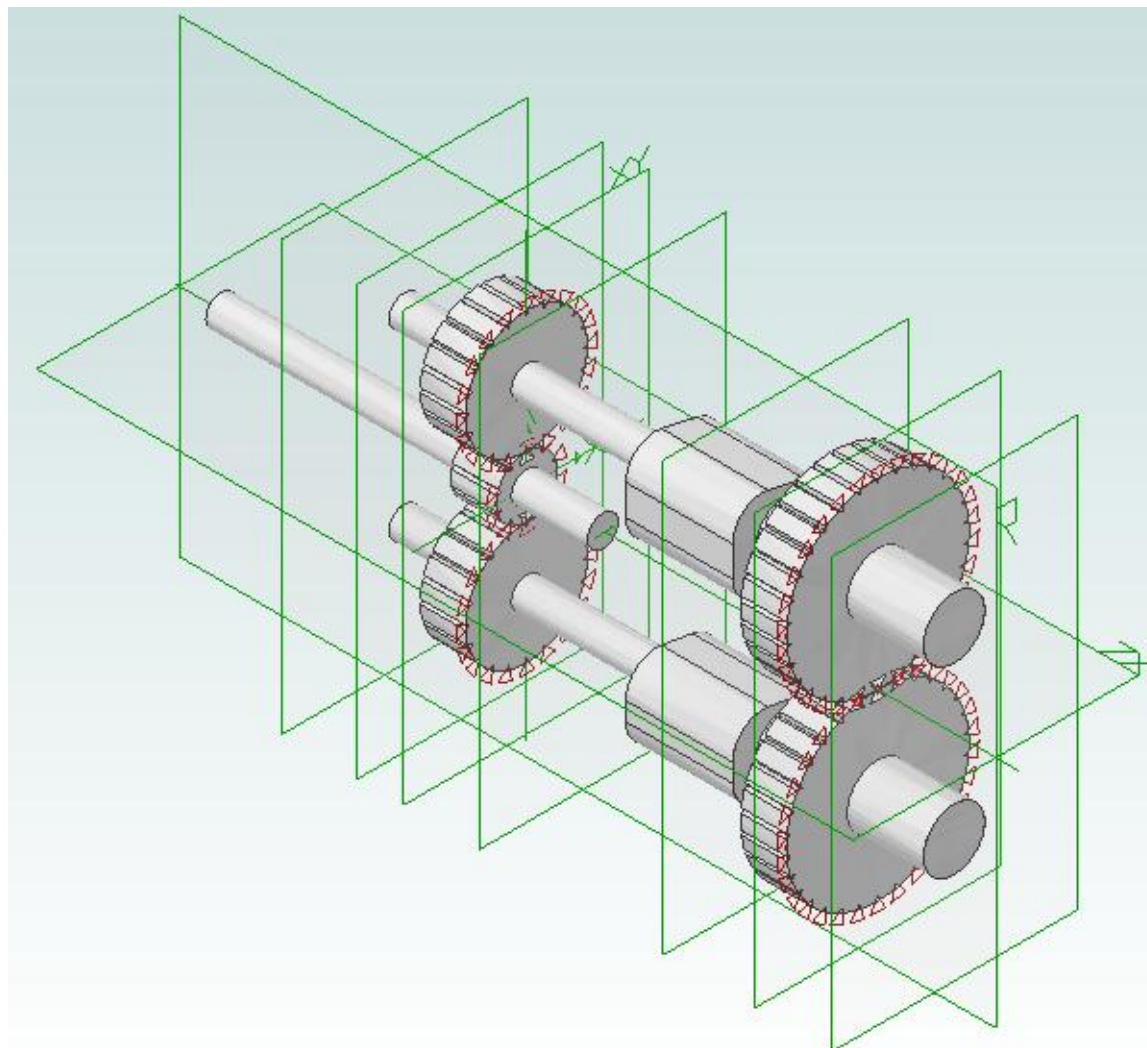


Ilustração 3 – Engrenagens que transferem movimento para o veio de saída/Gears transferring power to output shaft.

Detalhe transmissão de força ao veio

Cada uma das duas rodas dentadas grandes tem no seu diâmetro interior um conjunto de 8 socalcos que encaixam nos quatro dentes do veio. Estes dentes tendem a recolher para o interior do veio num sentido por força da ação dos socalcos quando a roda dentada roda num sentido e tendem a sair quando a roda dentada roda no sentido oposto, por ação de umas molas planas que se encontram por baixo dos mesmos dentes que rodam sobre um eixo. As rodas dentadas rodam sobre o seu eixo solidárias com o cárter do motor, sendo a cremalheira que se desloca alternadamente para a esquerda e para a direita.

Detail power shaft transfer

Each of the two bigger gears has in its inner diameter a set of eight cuts that lock over the four teeth of the shaft. These teeth recoil to the interior of the shaft when the gear rotates for one side and tend to move out when the gear changes direction of rotation. This is done through the action of flat springs installed under the teeth and that rotate around a small shaft themselves. The two mentioned gears rotate on their axis that is fixed in the case of the engine.

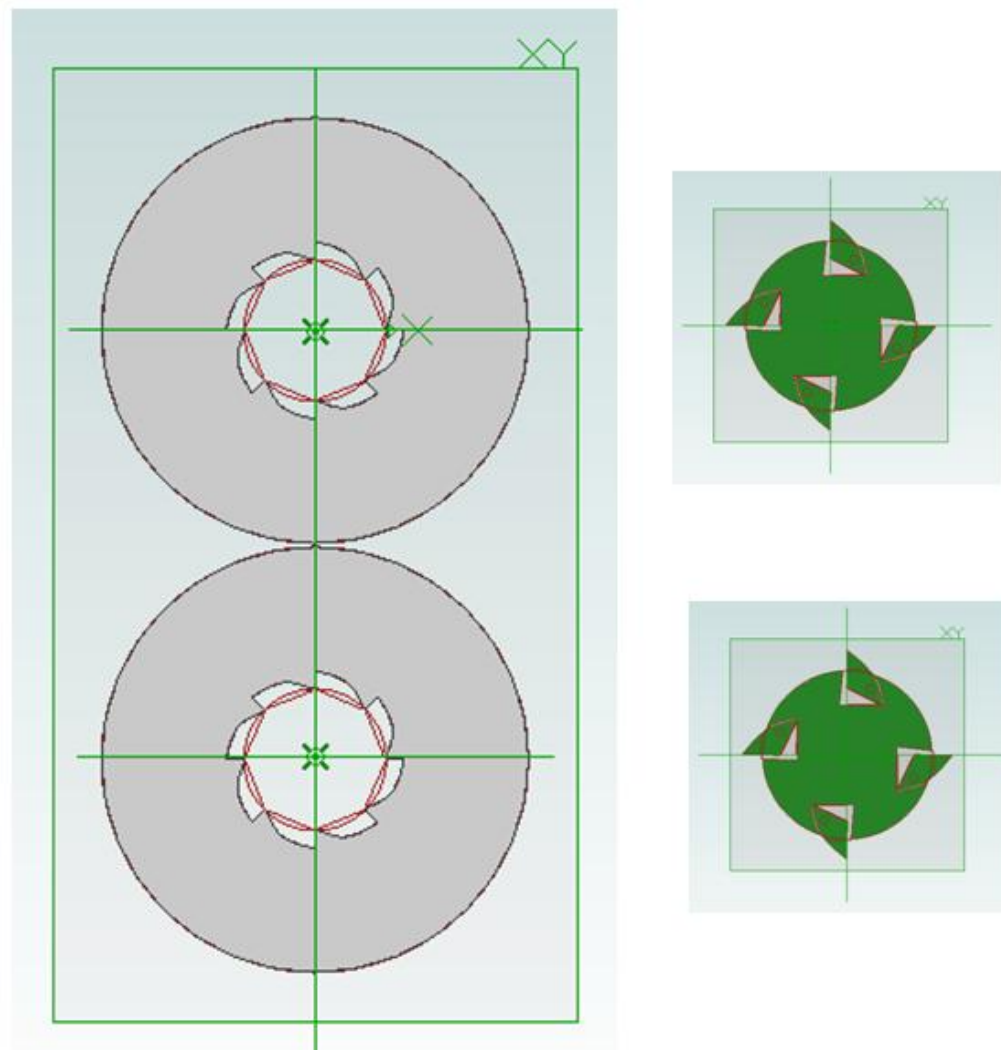


Ilustração 4 – Rodas dentadas com os socalcos e detalhe dos dentes dos veios/Inner diameter of the main gears and the shaft locking detail.

Detalhe transmissão de força ao veio

A roda dentada superior é motora quando roda para a direita, conforme as ilustrações, sentido horário na ilustração 4. Com efeito, o socalco é desenhado de modo a que rodando nesse sentido, uma das faces do socalco prenda no dente que está no veio. No intervalo em que a roda superior roda para a direita, a roda inferior roda para a esquerda, uma vez que estão engrenadas entre si, e como se pode observar na ilustração 4 os socalcos atuam com a sua superfície arredondada na face arredondada dos dentes não transmitindo binário ao veio inferior, apenas acionando as molas abaixo dos dentes de modo a que os mesmos se recolham nas suas cavidades.

Detail power shaft transfer

As explained the top gear is the power gear when it turns right (clockwise) in picture 4. The cut in the inner diameter has to be designed in a way that it locks in the tooth of the shaft in the right side of the picture. The drawing presented may not be the best configuration to withstand the strong forces that it has to receive but intends to be only explanatory of the concept. The gear below, at the same time, turns counterclockwise and its inner diameter cuts hit the teeth of the respective shaft with the round side and compress the flat spring (not observable in picture 4) leading the teeth to go inside their cavities.

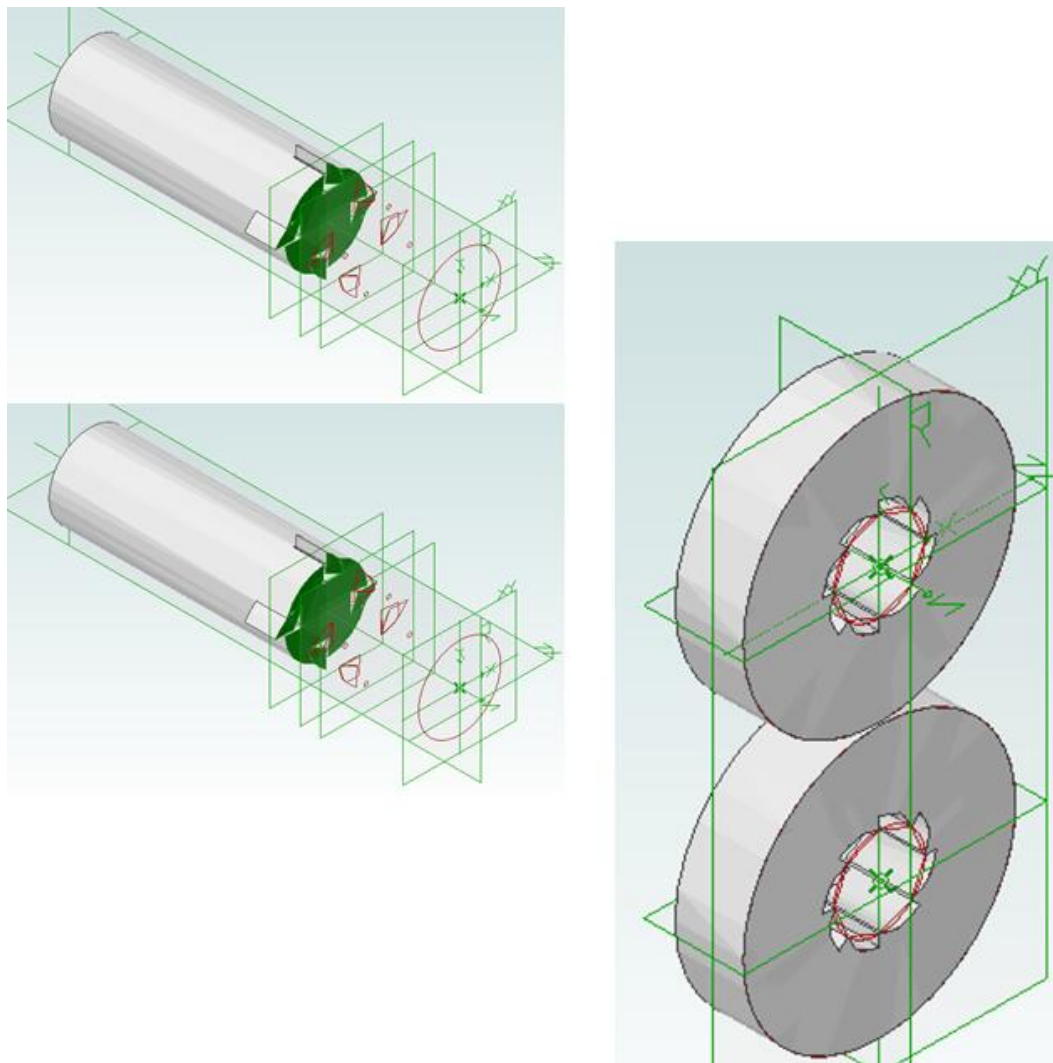


Ilustração 5 – Detalhe em vista isométrica/Detail in isometric view.

Detalhe transmissão de força ao veio

Quando o ciclo se inverte e o conjunto pistões, bielas e cambota (cambiola) vem para a esquerda, a roda motora é a inferior, sendo que a roda dentada superior passa “por cima” dos dentes sem prender enquanto roda para a esquerda. Ou sejam, ambas as rodas são motoras apenas quando rodam para a direita. Assim, os veios superior e inferior, conforme ilustração 3, estão sempre a rodar no mesmo sentido e engrenam ambos à roda dentada do veio de saída, que olhando do lado das rodas dentadas grandes e da cremalheira, é um veio de saída que roda em sentido anti-horário. Olhando de frente para o veio de saída, o mesmo roda em sentido horário.

Detail power shaft transfer

When the cycle reverses, the whole set comes to the left and the power wheel is the lower one. Both gears are power gear only when they rotate to the right (clockwise in picture 4) in different halves of the cycle and both are passive when turning left. Their respective shafts (top and bottom as in picture 3) are always rotating clockwise (same reference of picture 4) and both connect to the output shaft gear. Actually this gear is necessary to receive movement from the shafts previously identified. Without this 3rd gear in this position, it would be impossible to connect directly the gears in the left of the power shafts.

Atenuação de vibrações

Prevendo-se ser um motor mais adequado a baixas rotações há ainda assim a necessidade de minimizar as vibrações transferidas para o cárter do motor. A proposta apresentada na ilustração 6 é simplificada e consiste no mesmo princípio de uma cambota tradicional: fazer deslocar massa no sentido contrário ao movimento do conjunto cambiela para assim anular a inércia deste movimento. Tratam-se das massas colocadas por trás das rodas dentadas motoras que recebem movimento da cambiela. Embora representadas com alguma distância do plano de movimento da cambiela, essa distância deverá ser minimizada para minimizar vibração.

Vibration reduction

Potentially applicable only in low rotation uses, it is however necessary to improve the vibration created and transferred to the engine outer case. The proposal is a standard method of a traditional crankshaft: create a mass that moves in the opposite direction of the movement of the CAMBIELA combination attempting to neutralize its inertia. These masses would be installed around the power shafts behind the gears as the simplified view in picture 6 exemplifies. The distance between the plan where these masses move and the plan of movement of the pistons + connecting rods + double racks has to be calculated to minimize vibration.

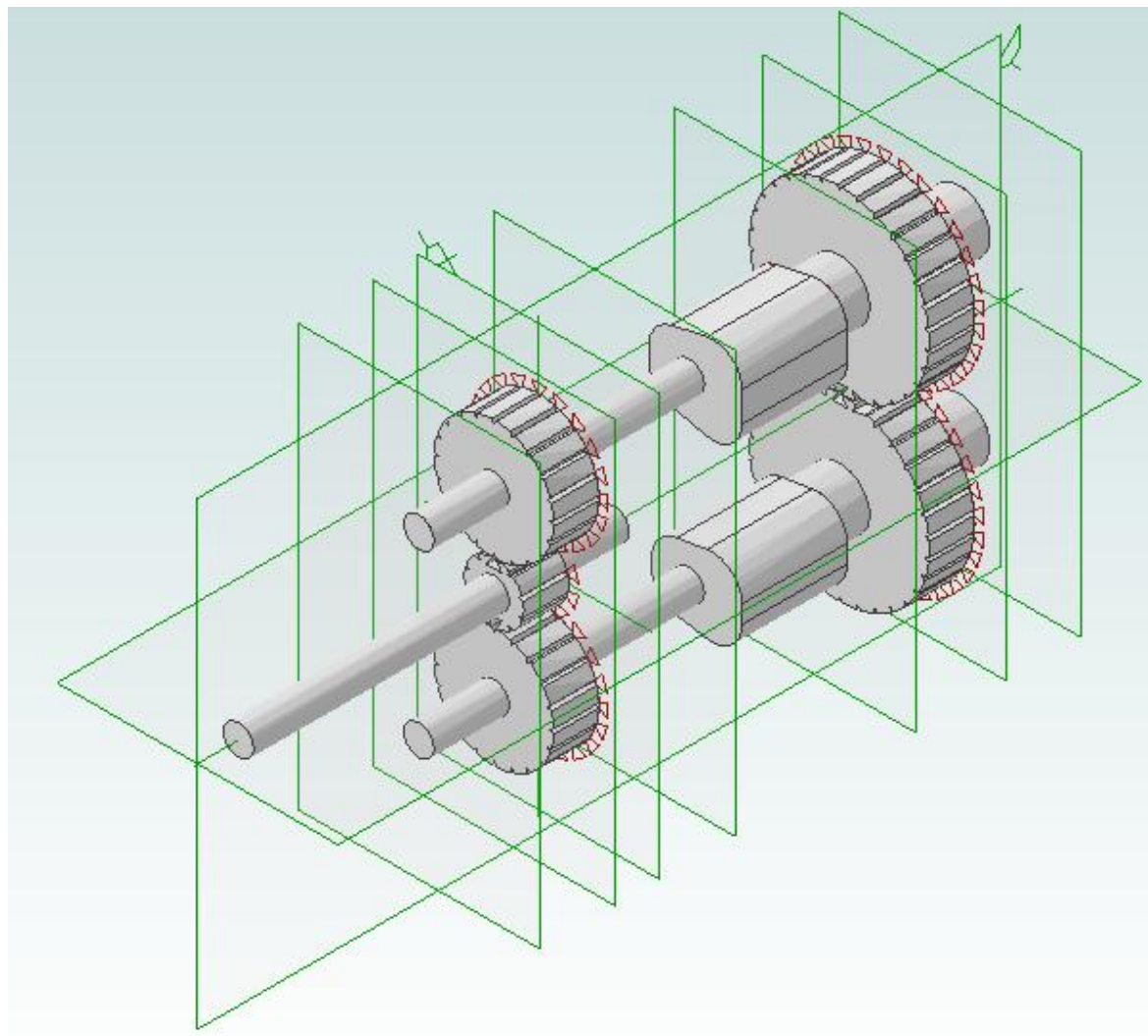


Ilustração 6 – Representação simplificada das massas descentradas/Simplified view of vibration reduction masses.

Viabilidade desta arquitetura

Sem entrar em cálculos sofisticados, a experiência empírica sobre outros motores suscita várias dúvidas nesta configuração que tem por base cilindros de motores a dois tempos. A ambição deste trabalho passa por explorar um conceito técnico alternativo numa vertente pedagógica e lúdica, nada mais. Caso haja novos desenvolvimentos, os mesmos serão divulgados.

Obrigado

MUUTOOR

Configuration viability

Without needing detailed calculations, the empiric experience allows to identify many problems in this configuration that has two cylinders of two-stroke cycle. The level of ambition of this document is to explore an engine alternative technical configuration in an educational and entertaining way, nothing else. If new developments are made I will inform about it.

Thanks

MUUTOOR